

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах
рукопису»

«До захисту допущено»

УДК

Завідувач кафедри

- О.В. Гондляр

«_» _ 20 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

на тему: «Піч обертова з модернізацією опорного ролика »

Виконав:

студент 2 курсу, групи ЛП-82мп Вовчок
Едуард Степанович

Керівник:

доц. каф. ХПСМ, д.т.н. Шилович І.Л.

Консультант з розділу модернізація:

доц. каф. ХПСМ, д.т.н. Щербина В.Ю.

Консультант з розділу монтаж та експлуатації:

ст.викл. каф. ХПСМ Борщик С.О.

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет _____

Інженерно-хімічний
(повна назва)

Кафедра хімічного полімерного та силікального машинобудування
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) 133 галузеве машинобудування
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Вовчок Едуард Степанович
(прізвище, ім'я, по батькові)**

1. Тема дисертації Обертова піч з модернізацією опорного ролика _____

науковий керівник дисертації доцент, к.т.н. Шилович І.Л. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження _____

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити _____

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу _____

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація обладнання	Борщик С.О.		
....			
...			
Загальний	Прізвище, ініціали та посада	модернізація	<i>плагіат</i>
Перевірка	Щербина В.Ю., д.т.н., проф.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вступ	01.11.2019-02.11.2019	
2	Призначення та галузь застосування лінії	03.11.2019-5.11.2019	
3	Опис конструкції обв'язувальної машини та принцип роботи	06.11.2019-08.11.2019	
4	Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації	09.11.2019-12.11.2019	
5	Охорона праці	11.11.2019-13.11.2019	
6	Стартап-проект	14.11.2019-17.11.2019	
7	Розрахунки, які підтверджують працездатність машини	18.11.2019-23.11.2019	
8	Монтаж та експлуатація машини	24.11.2019-27.11.2019	
9	Автоматизація	28.11.2019-01.12.2019	
10	Висновки, перелік літератури	02.12.2019-03.12.2019	
11	Оформлення ПЗ	04.12.2019-07.12.2019	
12	Оформлення креслень	08.12.2019-10.12.2019	

Студент

(підпис)_____
(ініціали, прізвище)

Керівник дисертації

(підпис)_____
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

«Обертова піч 5.0x185 м. з модернізацією опорного ролика»

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст КПІ ім. Ігоря Сікорського Керівник Шилович І,Л.

Обертові печі цементної промисловості являють собою важкий по конструкції тепловий і в той же час механічний агрегат, оснащений сучасними методами автоматизації.

В наш час найбільше уваги при проектуванні заводів та виготовлення цементу приділяється вивченню оберткових печей, тому що саме в цих пристроях відбуваються найважливіші фізико – хімічні перетворення, які впливають на якість отримання готового продукту.

В дипломному проекті приведено вибір та обґрунтування модернізації опорної стнанції, що значно збільшує річну продуктивність машини, термін служби корпусу та футеровки за рахунок зменшення навантаження, що в них виникають. Теоретичні ідеї модернізації підтверджені результатами розрахунку, які виконані з допомогою сучасних САПР системи «АНСІС». Аналіз розрахунків показав можливість впровадження розробленої конструкції в промисловість. Доцільність проведення модернізації підтверджуються економічним розрахунком, який представлений в пояснювальній записці.

Випуск цементу передбачається вести з високим рівнем механізації та автоматизації. Пояснювальна записка містить спеціальний розділ, присвячений автоматизації виробничого процесу. Розділ техніки безпеки та охорони праці представляє необхідні безпечні умови на виробництві.

ОБЕРТОВА ПІЧ, ЦЕМЕНТ, МОКРИЙ СПОСІБ, КЛІНКЕР, МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ, ОПОРОРНИЙ РОЛИК

РЕФЕРАТ

«Вращающаяся печь 5.0x185 м. с модернизацией упорный ролик

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня специалист КПИ им Игоря Сикорського. Руководитель Шилович І.Л.

Вращающиеся печи цементной промышленности являют собой тяжелый по конструкции тепловой и в то же время механический агрегат, оснащенный современными методами автоматизации.

В наше время больше всего внимания при проектировании заводов и изготовления цемента уделяется изучению вращающихся печей, потому что именно в этих устройствах происходят важнейшие физико-химические превращения, которые влияют на качество получения готового продукта.

В дипломном проекте приведен выбор и обоснование модернизации опорной станции, которая значительно увеличивает годовую производительность машины, срок службы корпуса и футеровки за счет уменьшения нагрузки, что в них возникают. Теоретические идеи модернизации подтверждены результатами расчета, которые выполнены с помощью современных САПР системы «АНСІС». Анализ расчетов показал возможность внедрения разработанной конструкции в промышленность. Целесообразность проведения модернизации подтверждаются экономическим расчетом, который представлен в объяснительной записке.

Производство цемента предусматривается вести с высоким уровнем механизации и автоматизации. Объяснительная записка содержит специальный раздел, посвященный автоматизации производственного процесса. Раздел техники безопасности и охраны труда представляет необходимые безопасные условия на производстве.

ВРАЩАЮЩАЯСЯ ПЕЧЬ, ЦЕМЕНТ, МОКРИЙ СПОСОБ, КЛИНКЕР, МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ УПОРНЫЙ РОЛИК

ABSTRACT

The revolved stoves of cement industry show by itself heavy on a construction thermal and at the same time mechanical aggregate, equipped the modern methods of automation.

In our time most attention at planning of factories and making of cement is spared the study of the revolved stoves, because exactly in these devices there are major physical and chemical transformations which influence on quality of receipt of the prepared product.

A choice and ground of modernization of supporting station is resulted in a diploma project, which considerably increases the annual capacity of machine, term of service of corps and lining-up due to diminishing of loading, is offered, that in them arise up. The theoretical ideas of modernization are confirmed the results of calculation, which are executed by modern CADD of the system «ANSYS». The analysis of calculations rotined possibility of introduction of the developed construction in industry. Expedience of lead through of modernization confirmed an economic calculation which is presented in an explanatory message.

It is foreseen to conduct the production of cement with the high level of mechanization and automation. An explanatory message contains the special section, devoted automation of production process. The section of accident and labour protection prevention presents necessary safe terms on a production.

REVOLVED STOVE, CEMENT, DRY METHOD, CLINKER, MECHANICAL EQUIPMENT, SUPPORTING ROLLER.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

N –	потужність,	Вт;
П –	продуктивність,	т/год;
n –	частота обертання,	об/хв;
ρ –	щільність,	кг/м ³ ;
T –	температура,	°C;
p –	тиск,	Па;
E –	модуль пружності,	Па;
σ –	напруження,	Па;
f –	площа поперечного перерізу,	м ² ;
δ –	товщина футеровки,	мм;
L –	довжина,	м;
D –	діаметр,	м;
P –	навантаження,	Н;
η –	коефіцієнт корисної дії,	
μ –	коефіцієнт Пуассона,	
λ –	коефіцієнт теплопровідності,	Вт/м °C;
α –	коефіцієнт тепловіддачі,	Вт/м ² °C;
U –	прогин,	мм,
V –	швидкість,	м/с;
Q –	теплота,	Дж/м ³ ;

ЗМІСТ

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ.....	10
2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧІ.....	11
3. ОПИС ПЕЧІ , ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН І ПРИНЦИП ДІЇ	12
4. ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	13
5. РОЗРАХУНКИ.....	16
5.1. ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК.....	19
5.1.1. Діаметр печі.....	19
5.1.2. Довжина обертової печі.....	19
5.1.3. Коефіцієнт заповнення печі.....	20
5.1.4. Продуктивність печі.....	20
5.2. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК.....	21
5.2.1. Потужність приводу.....	21
5.2.2. Потужність допоміжного приводу.....	22
5.3. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК.....	23
5.3.2. Розбивка печі на зони.....	23
5.3.3. Теоретична температура горіння.....	24
5.3.4. Ступінь тепловикористання.....	25
5.3.5. Тепловий баланс печі.....	25
5.4. РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ.....	29
5.4.1. Розрахунки опорно ходової частини.....	29
5.4.2. Розрахунки осі опорного ролика.....	29
5.4.3. Розрахунки підшибника качення на довговічність.....	30
5.4.4. Розрахунок бандажа.....	31
5.4.5. Розрахунок гідроупорів	33
5.4.6. Розрахунок відкритої зубчастої передачі.....	41
6.1. МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ.....	44
6.2. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ.....	52
6.2.1. Обґрунтування необхідності модернізації.....	52
6.2.2. Витрати на проектні роботи.....	55
6.2.3. Розрахунки трудомісткості конструкторської підготовки.....	55

6.2.4. Розрахунки трудомісткості технологічної підготовки.....	
виробництва.....	57
6.2.5. Розрахунок основних заробітних плат працівникам.....	57
6.2.6. Відрахування соціальних заходів.....	58
6.2.7. Витрати матеріалів для проектування.....	59
6.2.8. Кошторис витрат на проектування.....	59
6.2.9. Розрахунок собі вартості.....	60
6.2.10 Витрати на придбання стандартних елементів.....	61

6.2.11. Розрахунок ціни.....	63
6.2.12. Витрати на збірково монтажні роботи.....	64
6.2.2. Оцінка ефективності модернізації.....	65
6.3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	66
6.3.1. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів	
проектованої обертової печі 5х185 м.....	66
6.3.1.1. Повітря робочої зони.....	66
6.3.2. Виробничі шум.....	67
6.3.3. Вібрація.....	68
6.3.4. Небезпека впливу, частин печі що рухаються й обертаються.....	69
6.3.5. Електробезпека.....	69
6.3.6. Пожежна безпека.....	73
7. МОДЕРНІЗАЦІЯ.....	75
7.1. Побудова 3D моделі опорного ролика за допомогою системи.....	
САПР.....	75
7.2. Розрахунок 3D моделі модернізованого ролика.....	80
ВИСНОВОК.....	84
ЛІТЕРАТУРА.....	85
ДОДАТОК А	
ДОДАТОК Б	

ВСТУП

Обертові печі стали застосовуватися для виробництва цементного клінкера з 1885 г., значно пізніше шахтних печей. Спочатку в обертова піч повільно було впроваджувалася в цементну промисловість із-за великих (до 3500 ккал/кг) втрат тепла на випал та значні витрати на ремонт футеровки. Однак згодом обертові печі отримали широке розповсюдження, бо їхнє обслуговування вимагало невеликої кількості робітників. Тепер вдосконалення обертових печей йде у напрямку поліпшення якості клінкера і зменшення витрат палива.

Високі темпи розвитку цементної промисловості обумовлюють необхідність підвищення технічної культури експлуатації технологічного устаткування цементних заводів і швидкого освоєння нової техніки. Особливо це відноситься до могутніх сучасних високо механізованих грубних агрегатів для випалу цементного клінкера.

Обслуговуючий персонал повинен досить добре в тому керувати процесами, що протікають у печах, з метою досягнення якого було висока техніко-економічних показників їхньої роботи - максимальної питомої продуктивності при найменшій питомій витраті палива.

Найкраще було використано в сучасній трубної техніки й автоматики в цементному виробництві що обумовлюють необхідність досить добре знати засоби автоматизації, процеси автоматичного регулювання теплових і режимів, пристрої і роботу всіх деталей трубного агрегату.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕЧІ

Головні види цементу, що випускаються в даний час- портландцемент, шлакопортландцемент. Основою всіх цих видів цементу є клінкер, одержуваний шляхом випалу в печах сировинної маси. Випал може здійснюватися в шахтних чи обертових печах. В даній роботі ми розглянемо обертovu піч для виробництва цементу по мокрому способу. Загальна технологічна лінія по цьому способі містить у собі наступні процеси:

- 1) здобич сировини і доставка його в сировинний цех заводу;
- 2) дроблення і помел сировини;
- 3) коректування сировинної маси - доведення шламу до заданого хімічного складу;
- 4) підготовка палива для випалу шламу;
- 5) випал шламу, одержання цементного клінкера і його охолодження;
- 6) помел клінкера й одержання цементу.

У сучасних умовах перед вітчизняною цементною промисловістю ставиться задача не тільки по збільшенню обсягу випуску готової продукції але і по підвищенню якості виготовленого цементу.

Також необхідно створювати нові, більш економічні, безвідхідні, екологічно чисті технології, що дозволяють у багато разів підвищити ефективність використання ресурсів і знизити енерго- і матеріалоємність виробництва цементу.

2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧІ

Продуктивність, т/год.	125
Площа внутрішньої поверхні печі по футерівці, м ²	2650
Питома витрата кількості теплоти, кдж/кг	5850
Теплові навантаження	27,2
Знімання клінкера з 1 м ² футеровки, кг/(м ² ·год.)	28
Відношення довжини до діаметра	37
Ухил печі, %	3.5
Кількість упор	8
Частота обертання печі:	
від головного привода, об/хв.	1,258
від допоміжного привода, об/год.	3,52
Потужність електродвигуна, кВт	
головного привода	2 x 230
допоміжного привода	2 x 30
Маса, т:	
обертючих частин печі з футерівкою	3550
опорного ролика	24
бандажа	50
Діаметр, м:	
упорного ролика	1,7
бандажа	5,95
цапфи осі ролика	0,7

3. ОПИС ПЕЧІ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН І ПРИНЦИПУ ДІЇ

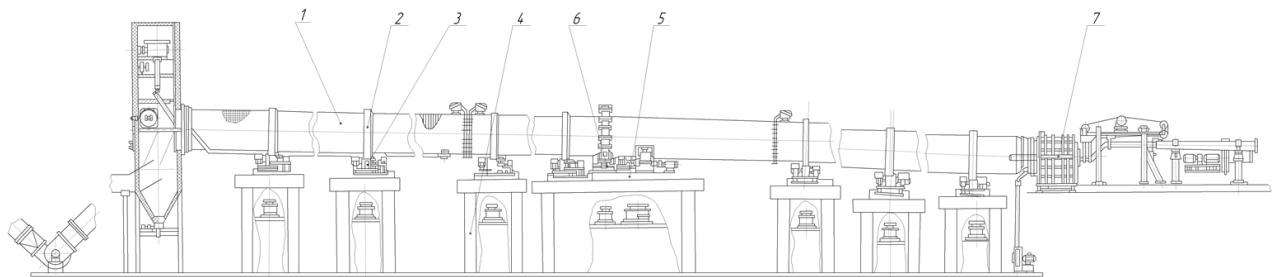
До основних елементів і вузлів обертової печі відносяться наступні: корпус, бандажі, роликоупори, відкрита зубчаста передача, головний і допоміжний приводи, пристрої для утримання печі від сповзання, внутрітрубні теплообмінні пристрої, ущільнення гарячого і холодного кінця.

Корпус обертової печі 5*185м (Рис .1), застосовуємої при мокрому способі виробництва цементу, являє собою зварений барабан 1 з листової сталі товщиною 30...110мм, футерований усередині вогнетривкою цеглою й спираючийся бандажами 2 на семи роликоупорах 3. Роликоупори у виді двох рознесених по ширині роликів змонтовані на рамах і встановлені на фундаментних упорах 4.

Піч має ухил до горизонту, що складає 3.5° . У даній конструкції вона утримується від сповзання гідроупорами.

Піч приводиться в обертання головним приводом 5, розташованим на упорі IV, через відкриту зубчасту передачу 6. Привід печі двосторонній. Піч забезпечується також допоміжним приводом, що використовується для повертання корпусу з малою частотою обертання при виконанні ремонтних і футеровочних робіт, а також в аварійних ситуаціях.

У печі навішується цланцюгова завіса 7 у виді гірлянд або вільно висячих кінців ланцюгів. Холодний і гарячий кінці печі мають ущільнення. Ущільнення гарячого кінця печі виконано аеродинамічним чином.



Піч приводиться в обертання приводом. Завдяки обертанню і нахилу 3.5° гартований матеріал просувається від холодного до гарячого кінця печі і піддається тепловому впливу димових газів, що просмоктуються димососом назустріч рухаєчомуся матеріалу.

У пилоосадній камері великі частки пилу з потоку димових газів, що виходять з печі, осаджуються, внаслідок різкого збільшення діаметра поперечного переріза і, отже, зменшення швидкості газів. Димові гази викидаються в атмосферу після остаточного очищення у електрофільтрах. Уловлений пил з бункерів пилоулавлюючих пристроїв гвинтовими конвейєрами подається в пневмонасosi, що повертають його в піч. Ущільнення на кінцях обертової печі, що входять у пилоосідальну камеру і розвантажувальну голівку, перешкоджають підсмоктуванню у піч зовнішнього повітря.

Пристрій для спалювання палива вводиться в піч через завантажувальну камеру, до нижньої частини якої примикає шахта охолоджувача клінкера.

Трубні агрегати комплектуються колосниковими охолоджувачами типу "Волга". При мокрому способі виробництва матеріал подається в піч у виді шламу вологістю 38%. У печі розрізняють технологічні зони - сушіння, підігріву, декарбонізації, екзотермічних реакцій, спікання, попереднього охолодження. У зоні сушіння для збільшення поверхні теплообміну між матеріалом і газами, що відходять, установлена ланцюгова завіса, довжина якої складає 30-50м. Вона служить нагромаджувачем шламу і гарним пиловловлювачем. У зоні підігріву можуть установлюватися внутрітрубні теплообмінники. Зони сушіння і підігріву складають близько 60% довжини печі. Температура матеріалу в зоні спікання до 1500°C, а газів - до 1750°C.

У результаті фізико-хімічних процесів, що відбуваються з матеріалом у печі, утвориться клінкер, що розвантажувється в охолоджувач, маючи температуру до 1300°C. В охолоджувачі клінкер проохолоджується до температури 70 - 90°C.

Упорні ролики розміщені на одній з опор по обидві сторони бандажа із зазорами 30 ... 60 мм. У межах прийнятого зазору бандаж з корпусом може переміщатися вгору-вниз. Зіткнення бандажа з Упорним роликом і обертання останнього служать сигналом, що вказує на необхідність відновлення нормального положення печі.

Упорні ролики не призначені для сприйняття повної осьового навантаження від маси печі. Тому для попередження подальшого осьового переміщення корпусу на одній з опор встановлюється запобіжний пристрій у вигляді двох нерухомих упорів у закріплених на фундаментній рамі. При натисканні бандажа на упор

виникає велика сила тертя, що призводить до перевантаження приводного електродвигуна і його виключення (спрацьовує струмовий захист). Крім того, для гарантованого відключення двигуна в даній аварійній ситуації на упорах передбачені і кінцеві вимикачі.

4. ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИЙ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Модернізація №1

Захист опорних роликів від ізносу і амортизація печі. При обертанні барабана через різних деформацій пружних елементів лівого і правого корпусів вісь опорного ролика перекошується щодо осі барабана, що створює додаткове осьове зусилля і додатковий знос поверхонь, що сполучаються бандажа барабана і ролика.

На Рис. 4.1 представлена ролико опора . Роликоопора містить опорні підшипникові вузли 1, в яких встановлена вісь 2 з нерухомо насадженої на неї втулкою 3. На втулці 3 розташований податливий елемент 4, виконаний у вигляді гумової втулки з завулканізованих по внутрішньому діаметру металевими втулками 5 і по зовнішньому діаметру металевими втулками 6, мають Г- образний поперечний переріз. На податливому елементі 4 встановлена металева бочка ролика 7. З торців податливий елемент який 4 притиснутий кришками 8 за допомогою крипильних в 9 елементі , забезпечених шайбами 10, що запобігають передачу зрізуючого зусилля цих елементів. Таким чином податливий елемент усіма поверхнями контактує з металевими поверхнями деталей опори, тобто укладений в замкнутому просторі.

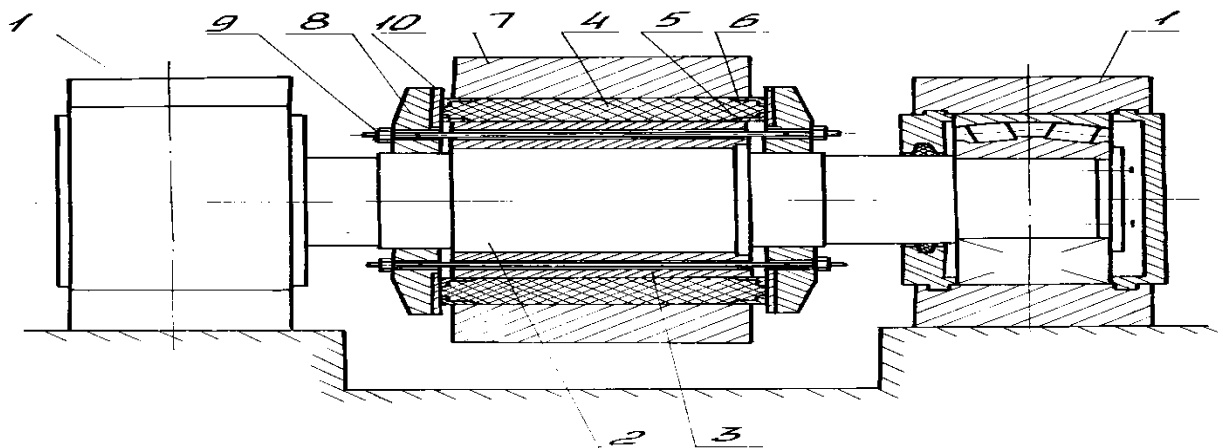


Рис. 74.1– Обертова Піч з модернізацією опорного ролика

Змінюючи зазор між кришками 8 і торцями бочки ролика 7, змінюють попередні напруження в податливому елементі 4, тим самим змінюють жорсткість податливого елемента і частоту переданих їм коливань. Крім того податливий елемент 4, притиснутий кришками 8, щільно прилягає до внутрішньої поверхні бочки ролика 7 і до зовнішньої поверхні втулки 3 і тим

самим утримує бочку ролика 7 від зсуву вздовж осі 2 за рахунок тертя між гумою і металевими поверхнями бочки ролика 7 і втулки 3. .

Таким чином запропонована роликоопора за рахунок регульованого стиснення пружного елемента і відповідної зміни його жорсткості забезпечує зміна частоти коливань і зниження вібранагрузок, переданих від барабана на його опорно-приводні частини і конструкції будівлі, а також забезпечує підвищення надійності закріплення бочки ролика в проектному положенні. В результаті в наявних будівлях при допустимих вібранагрузках можна встановити більш продуктивні барабанні агрегати, знизити потребу в запчастинах і зменшити обсяги ремонтних робіт по барабанних агрегатів.

Модернізація №2

Конструкція [5] Корисна модель стосується оберткових печей для виробництва цементного клинкеру, кераміки, вапна, перліту, і може бути використана при будівництві будівель у гірничій та металургійній та інших галузях промисловості. Як відомий аналог (прототип), вібраційний вузол з'єднується з корпусом зубчатого колеса барабана, в якому коронна передача шарнірно прикріплена для використання плоскої пружини. Вищенаведена конструкція є таким недоліком, що коли шестерня організація, що обертається, в інерційному кулі барабана і навантаженні, що залишається при пуску, використовується шестерня і збірка з'єднується один з одним і передається від корпусу барабана. Здебільшого корисні моделі мають завдання, яке дозволяє досягти більшої передачі та продовження терміну служби плоских пружин. Це застосовано до того, що для з'єднання з'єднаних шестерень з корпусом барабана, який виготовлений із шістдесяти, корпусом барабана та плоскими пружинами, новим є плоский пружини, що працюють у віці товсті пучки пружних деталей, що використовують один кінець нерухомої петлі, а інший з можливістю подібної еластичності, який залишається одним або тим же корпусом барабана, що містить найвищу передачу, яка вимагає приємного існування, яке можна використовувати в шлангу велика пачка плоских каністра. , що спричиняє контактний тиск між ними для використання гвинтового з'єднання з можливим регулюванням сили опору для поліпшення пружних елементів.

На фіг. 2 - перехід АА згідно фіг. 1 у встановлену композицію складається з товстих пакетів пружних деталей. Шестерня 1 котушки з'єднана з корпусом барабана 2 для використання з товстими пакетами еластичних елементів 3. Один кінець зібраний для більш товстих пакетів пружних частин 3 і прикріплений до найвищої шестерні 1, а другий до корпусу 2 та до барабана шарнірний шар 4 і кріплення 5.

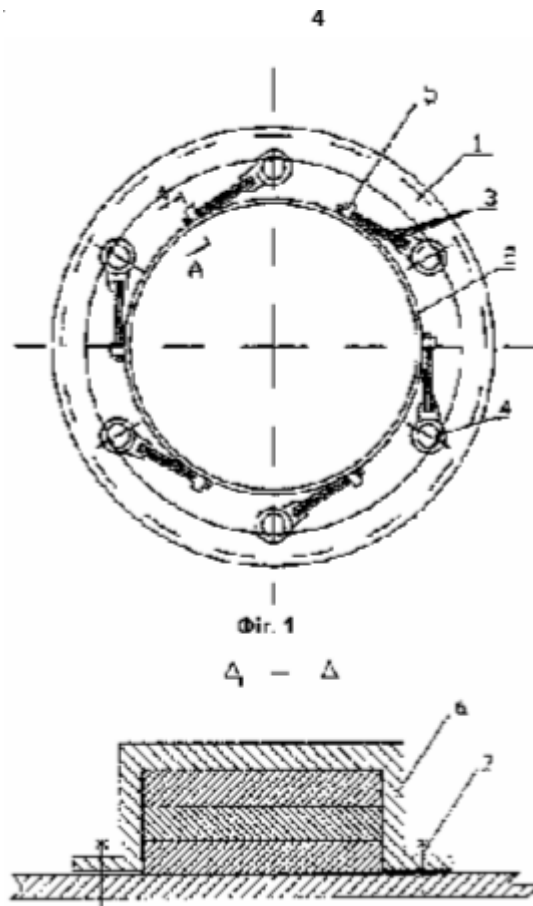


Рис. 4.2 з'єднання вінцевої шестерні

Ціллю даного винаходу є підвищення надійності часу експлуатації з'єднання вінцевої шестерні збільшення її компенсуючої здатності , і збільшення терміну дії шестерні вінцевої .

5. РОЗРАХУНКИ

5.1. ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК

5.1.1. Діаметр печі

$$D = 1,4 \cdot P^{0,28} = 1,4 \cdot 75^{0,28} = 5 \text{ м}, \text{ де}$$

P – продуктивність печі, $P = 75 \text{ т/год} = 21 \text{ кг/сек.}$

Внутрішній діаметр печі:

$$D_c = 0,396 \cdot (24 \cdot P)^{0,34} = 0,396 \cdot (24 \cdot 75)^{0,34} = 4,8 \text{ м}$$

Теплова потужність печі:

$$Q = P \cdot q = 75000 \cdot 1600 = 502 \cdot 10^6 \text{ кдж/год},$$

де $q = 1600 \text{ ккал/рік} = 6720 \text{ кдж/рік}$ – питома витрата тепла

Внутрішній діаметр печі:

$$D_c = \sqrt[3]{\frac{Q}{1,1 \cdot 4,2}} = \sqrt[3]{\frac{502}{4,62}} = 4,8 \text{ м}$$

Діаметр печі по кожуху: $D = D_c + 2 \cdot 0,2 = 4,8 + 0,4 = 5,2 \text{ м.}$

5.1.2. Довжина обертової печі

Довжину обертової печі знаходимо по формулі:

$$L = 7,63 \cdot (24 \cdot P)^{0,45} = 7,63 \cdot (24 \cdot 75)^{0,45} = 185 \text{ м}$$

Довжина зони спікання $\tau_3 = 0,4 \text{ ч.}$ для зони охолодження $\tau_3 = 0,25 \text{ ч.}$ Значить $\tau_3 = 0,65 \text{ ч.}$

Швидкість руху матеріалу в печі:

$$v = \frac{L}{\tau} = \frac{21,6}{0,65} = 33,2 \text{ м/ч}$$

Тоді довжина зони спікання:

$$L_c = v \cdot \tau_c = 33,2 \cdot 0,4 = 13,28 \text{ м}$$

Довжина зони охолодження:

$$a_{охл} = v \cdot \tau_c = 33,2 \cdot 0,25 = 8,3 \text{ м}$$

Швидкість обертання печі при ухилі $i = 3,5\%$:

$$in = \frac{33,2}{11,7} = 2,84;$$

$$n = \frac{2,84}{3,5} = 0,81 \text{ } \hat{a} / \hat{i} \text{ } \hat{e} \hat{i} = 0,04 \text{ } \hat{o} \hat{a} \hat{a} / \hat{n} \hat{a} \hat{e}.$$

Коефіцієнт

5.1.3 Коефіцієнт заповнення печі

заповнення печі при швидкості:

$$v = \frac{v}{60} = \frac{33,2}{60} = 0,55 \text{ м/ мин},$$

$$\varphi = \frac{P}{15 \cdot \pi \cdot D_c^2 \cdot v \cdot \gamma_m},$$

де P – продуктивність печі, $P = 75 \text{ т/год} = 21 \text{ кг/сек}$;

D_c – внутрішній діаметр печі, $D_c = 4,8 \text{ м}$;

v – швидкість печі, $v = 0,55 \text{ м/хв}$;

γ_m – насипна вага матеріалу, $\gamma_m = 1,5$

$$\varphi = \frac{75}{15 \cdot 3,14 \cdot 4,8^2 \cdot 0,55 \cdot 1,5} = 0,084.$$

5.1.4. Продуктивність печі

Знайдемо питому продуктивність печі:

$$P_F = \frac{P}{\pi \cdot D_c \cdot a} = \frac{75000}{3,14 \cdot 4,8 \cdot 222} = 22,4 \text{ } \frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{ч}}.$$

Продуктивність печі розраховуємо по формулі:

$$\Pi = \frac{\pi \cdot D_c^2}{4} \cdot \varphi \cdot \gamma_m \cdot v = \frac{3,14 \cdot 4,8^2 \cdot 0,084}{4} \cdot 1,5 \cdot 33,2 = 75,6 \text{ т / ч} = 21,1 \text{ кг/ сек}.$$

5.2. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК

5.2.1. Потужність привода

Для визначення потужності привода розраховуємо моменти сил опору обертанню печі:

Момент, викликуваний позацентрово розташованим у печі матеріалом:

$$M_I = G_M \cdot a = 3,95 \cdot 0,92 = 3,63 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}, \text{ де}$$

G_M – вага матеріалу в печі,

$$G_M = F_M \cdot \gamma \cdot g \cdot L = 1,45 \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 185 = 3,95 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Площа матеріалу в печі:

$$F_M = \frac{\pi \cdot D_{cp}^2}{4} \cdot \varphi = \frac{3,14 \cdot 4,8^2}{4} \cdot 0,08 = 1,45 \text{ м}^2, \text{ де}$$

a – відстань від вертикальної осі перетину печі до центра ваги перетину матеріалу, $a = R_0 \sin \varphi = 2,02 \sin 27^\circ = 0,92$; $\varphi = 27^\circ$ – кут укосу матеріалу в печі.

Відстань від центра ваги перетину матеріалу до осі обертання

$$R_0 = R_{cb} \Delta = 2,4 \cdot 0,84 = 2,02 \text{ м}, \text{ де}$$

$$R_{cb} = \frac{D_{cb}}{2} = \frac{4,8}{2} = 2,4 \text{ м}$$

Відповідно до графіка 2.23 [3] при $\varphi = 0,08$, $\Delta = 0,84$.

Момент сил тертя бандажа по роliках:

$$M_2 = \frac{G_{ob} \cdot \mu}{\cos \beta \cdot R_p} \cdot (R_p + R_o) = \frac{34,25 \cdot 10^6 \cdot 0,0005}{\cos 30,3 \cdot 0,85} \cdot (0,85 + 2,98) = 10,24 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де G_{ob} – загальна вага печі, $G_{ob} = G_n + G_M = 30,3 \cdot 10^6 + 3,95 \cdot 10^6 = 34,25 \cdot 10^6 \text{ Н}$

β – кут установки роликів щодо вертикальної осі $\beta = 30,3^\circ$;

μ – коефіцієнт тертя катання бандажів по роliках, $\mu = 0,0005$;

R_o , R_p – радіуси ролика і бандажів по табл. 2.1 [3], $R_o = 0,85 \text{ м}$; $R_p = 2,98 \text{ м}$;

Момент сил тертя в підшипниках роliкоопор, приведеної до осі обертання печі:

$$M_3 = \frac{G_{ob} + Z_p \cdot G_p}{\cos \beta} \cdot f \cdot \frac{R_q}{R_p} \cdot R_o = \frac{34,25 \cdot 10^6 + 14 \cdot 2,4 \cdot 10^5}{\cos 30,3^\circ} \cdot 0,008 \cdot \frac{0,35}{0,85} \cdot 2,98 = 4,8 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де Z_p – число опорних валиків 14;

G_p – вага одного ролика разом з віссю, $G_p = 2,4 \cdot 10^5 \text{ H}$;

f – коефіцієнт тертя в конічних роликотидшипниках опор, $f = 0,008$

Необхідну потужність електродвигуна знаходимо по формулі:

$$N = \frac{(\mu_1 + \mu_2 + \mu_3) \cdot \omega}{1000 \cdot \eta_{\text{эл}}} = \frac{(3,63 \cdot 10^6 + 10,24 \cdot 10^4 + 4,8 \cdot 10^5) \cdot 0,13}{1000 \cdot 0,9} = 488 \text{ кВт},$$

де

$\eta_{\text{эл}}$ – КПД привода, $\eta_{\text{эл}} = 0,9$;

ω - кутова швидкість печі при максимальній частоті обертання $n = 1,25 \text{ про/хв}$,

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1,25}{30} = 0,13 \text{ рад/с}.$$

Приймаємо 2 електродвигуни АКЗ-13-25-6 потужністю $N = 250 \text{ кВт}$ і частотою обертання $n_{\text{об}} = 900 \text{ про/хв} = 94 \text{ рад/с}$.

Загальне передаточне число головного привода

$$i = \frac{n_{\text{об}}}{n} = \frac{900}{1,25} = 720$$

5.2.2. Потужність допоміжного привода

Потужність допоміжного привода, що забезпечує частоту обертання печі $n_{\text{всп}} = 3,58 \text{ об/хв}$. визначимо, припустивши, що момент, що крутить, на осі печі однаковий при обертанні її від головного і від допоміжного приводів:

$$N_{\text{всп}} = \frac{N_{\text{эл}} \cdot n_{\text{всп}}}{n \cdot \eta_{\text{всп}}} = \frac{250 \cdot 0,059}{1,25 \cdot 0,96} = 26,4 \text{ кВт},$$

де $\eta_{\text{всп}} = \eta_{\text{зн}}^2 = 0,98^2 = 0,96$ – ККД допоміжні редуктори

Приймаємо 2 двигуни АОП 2-82-8.

Необхідне передаточне число редуктора допоміжного привода

$$i_{\text{всп}} = \frac{n_{\text{дв.вал}}}{n_{\text{всп}} \cdot i_{\text{гл.пр.}}} = 9600 \cdot \frac{30 \cdot 0,96 \cdot 15,6}{735} = 5868 \text{ H} \cdot \text{м}$$

Момент, що крутить, на тихохідному валу цього редуктора

$$M_{\text{вых.всп.}} = M_{\text{кр.гл.}} = 9600 \cdot \frac{N_{\text{дв.всп.}} \cdot n_{\text{всп}} \cdot i_{\text{всп}}}{n_{\text{дв.всп.}}} = 9600 \cdot \frac{30 \cdot 0,96 \cdot 15,6}{735} = 5868 \text{ H} \cdot \text{м}.$$

Приймаємо 2 редуктори НВ-500, циліндричних з передаточним числом $i = 15,75$

5.3. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

5.3.1. Вихідні дані

Зовнішній діаметр печі $d_n = 5\text{ м}$;

Загальна поверхня теплообміну $F_n = 4650\text{ м}^2$;

Теплова потужність печі $\theta_n = 502 \cdot 10^6 \text{ кДж/рік}$;

Нижча теплота згоряння палива $Q_{\text{низ}}^p = 21520 \text{ кДж / кг}$;

Вологість шламу $W_m = 38\%$;

Питома витрата сухої сировини $G_I^{\text{ндо}} = 1,48 \text{ т / год}$;

Вихід продуктів горіння $V_z = 6,53 \text{ Н} \cdot \text{м}^3/\text{кг тон}$;

Тепломісткість повітря і палива, що надходять у піч $g_a' = 1037,5 \text{ кДж / м}^3$;

Утрати тепла в навколишнє середовище $g_{\text{ном}} = 824,8 \text{ кДж/кг}$.

5.3.2. Розбивка печі на зони

Прийнятий в розрахунку розподіл печі на зони показане табл. 3.1, у якій приведені температури матеріалу на границях зон, фізико-хімічні перетворення, константи матеріалу й ін.

Прийнято, що ступінь осадження пилу в зоні дорівнює 50% і, отже, кількість пилу, що циркулює в печі, дорівнює кількості пилу, що виноситься з її; пил, уловлений у системі газоочистки, повертається в 7 зону зачіпну завісу. Загальна кількість пилу, що виділяється в печі, дорівнює:

$$G_{\text{вс}}^{\text{іа}} = G_i^{\text{ндо}} \frac{(10+10)}{10} = 1,48 \cdot 0,2 = 0,296 \text{ т / год}$$

Таб. 3.1.

№ зо-ни	Температу-ра матеріалу		Фізико-хімічні процеси	Виділення пилу з матеріалу в %	Присадка до матеріалу в %		Втрати тепла в навк. середо-вище
	t'_M	t''_M					
1	1200	1300	Нагрівання палива і повітря до темп. запал. 700 ⁰ С. Охолодження клінкера.	-	-	-	29,4
2	1300	1400	Горіння палива. Охолодження клінкера. Застигання рідкої фази.	-	-	-	54,6
3	1400	1300	Горіння палива, утворення 20% рідкої фази, 75% C ₃ S	-	-	-	63
4	1300	950	Декарбонізація 15% CaCO ₃ , C ₄ AF-100%; C ₃ A-100%; C ₂ S-20%; C ₃ S-25%; рідкої фази 80%.	-	-	30	155,4
5	950	600	Декарбонізація CaCO ₃ -70%. Утворення C ₂ S-80%	40	-	15	252
6	600	400	Декарбонізація MgCO ₃ -100%; CaCO ₃ -15%	10	-	15	84
7	400	100	Випар води 1,6%	10	-	15	126
8	100	10	Випар води 98,4%	40	50	25	63

5.3.3. Теоретична температура горіння

$$t_{гор} = t_r + \frac{q_{K_1} - q_r}{q_{K_2} - q_r} \cdot 100,$$

де $t_r = 2300^0C$ – температура горіння;

$q_{K_1} = 1764,1 \text{ кДж / кг}$ - теплоємність продуктів горіння;

$q_{K_2} = 1875 \text{ кДж / кг}$ - теплоємність продуктів горіння при 2400^0C

$q_r = 1700 \text{ кДж / кг}$ - теплоємність продуктів горіння при 2300^0C .

$$t_{гор} = 2300 + \frac{1764,1 - 1700}{1875 - 1700} \cdot 100 = 2544^0C$$

Умовна швидкість продуктів горіння в холодному кінці печі при н.у.:

$$w_{гн} = \frac{V_r \cdot \theta_n}{Q_{низ}^p \cdot 3600 \cdot 0,785 \cdot D_n} = \frac{6,53 \cdot 502 \cdot 10^6}{21520 \cdot 3600 \cdot 0,785 \cdot 4,7} = 2,26 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{сек}$$

5.3.4. Ступінь тепловикористання

$$\eta_{теп} = \frac{1}{0,43 \cdot \left(\frac{F_n}{D_n^2}\right)^{0,1} + \left(\frac{\theta_n}{\sigma \cdot t_{теп}^4 \cdot F_n}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{\sigma \cdot t_{теп}^3}{W_{гн}^{0,8}}\right)^{0,25}} = \frac{1}{0,43 \cdot \left(\frac{4650}{4,6^2}\right)^{0,1} + \left(\frac{502 \cdot 10^6}{4,96 \cdot 10^{-8} \cdot 2544^4 \cdot 4650}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{4,96 \cdot 10^{-8} \cdot 2544^3}{2,26^{0,8}}\right)^{0,25}} = 0,818,$$

де $\sigma = 4,96 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла;

$F_n = 4650 \text{ м}^2$ – загальна поверхня теплообміну;

$\theta_n = 502 \cdot 10^6 \text{ кВт/год}$ – теплова потужність печі;

$D_n = 4,6 \text{ м}$ – діаметр.

Тепловикористання матеріалу:

$$q_i = G_i^{\text{ндо}} \left(Z + \frac{595 \cdot W_i}{100 - W_i} \right) = 1,48 \cdot \left(1779 + \frac{595 \cdot 38}{100 - 38} \right) = 5191,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

де $Z = 1779 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$ – тепловикористання сухої сировини.

Питома витрата тепла:

$$g_i = \frac{g_i + g_{i \cdot \partial}}{\eta_{\partial \cdot \partial}} - q_{\partial} = \frac{5191,9 + 824,8}{0,818} - 1037,5 = 6310 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Продуктивність печі:

$$B_{кл} = \frac{\theta_n}{q_n \cdot 1000} = \frac{502 \cdot 10^6}{6310 \cdot 1000} = 73,7 \frac{\text{т}}{\text{ч}}$$

Величина:

$$\frac{1000 \cdot B_{кл}}{D_n^2} = \frac{10^3 \cdot 73,7}{4,6^3} = 763,$$

що не перевищує значення, припустиме за умовами клинкероутворення.

5.3.5. Тепловий баланс печі

Тепловий баланс складає на 1 кг кл, причому відправною крапкою служить 0°C .

Теплота згоряння палива:

$$q_n = G_r \cdot Q_{нз}^p = G_r \cdot 21588 \text{ кДж / кг}$$

Тепломісткість палива:

$$q_{\delta}^{\varnothing} = G_{\delta} \cdot \tilde{N}_{\delta} \cdot t_{\delta} = G_{\delta} \cdot 1,26 \cdot 50 = 63 \cdot G_{\delta} \text{ кДж} / \text{кг},$$

де $C_m = 1,26$ – теплоємність газоподібного палива;

$t_m = 50^{\circ}$ – температура палива;

G_m – витрата робочого палива;

Тепломісткість сировини:

$$q_i^{\varnothing} = [G_i^{\tilde{N}_{\delta\delta}} \cdot \tilde{N}_i + G_w^i] \cdot t_i = [1,48 \cdot 0,88 + 0,908] \cdot 10 = 51,24 \text{ кДж} / \text{кг},$$

де $C_m = 0,88 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$;

$G_m = 1,48 \text{ кг/м}^3$ – витрата матеріалу.

Тепломісткість повітря:

$$q_i^{\varnothing} = V_a^* \cdot G_i \cdot \tilde{N}_a \cdot t_a = 6,25 \cdot G_i \cdot 1,3 \cdot 1,5 = 122,2 \cdot G_i \text{ кДж} / \text{кг},$$

де $C_v = 1,3 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$ – теплоємність повітря при температурі $t_b = 15^{\circ}$;

$V_v^* = 6,25 \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{тон}$ – практична витрата палива;

Тепловий ефект клинкероутворення

Мінералогічний склад клінкера:

$$C_4AF = 3,04 \cdot Fe_2O_3 = 3,04 \cdot 3,5 = 10,64\%;$$

$$C_3A = 2,65 \cdot Al_2O_3 - 1,69 \cdot Fe_2O_3 = 2,65 \cdot 6,5 - 1,69 \cdot 3,5 = 11,32\%$$

$$C_3S = 4,07 \cdot CaO - 7,6 \cdot SiO_2 - 6,72 \cdot Al_2O_3 - 1,43 \cdot Fe_2O_3 = \\ = 4,07 \cdot 66 - 7,6 \cdot 22,5 - 6,72 \cdot 6,5 - 1,43 \cdot 3,5 = 48,9\%;$$

$$C_2S = 8,6 \cdot SiO_2 - 3,07 \cdot CaO + 5,1 \cdot Al_2O_3 + 1,08 \cdot Fe_2O_3 = \\ = 8,6 \cdot 22,5 - 3,07 \cdot 66 + 5,1 \cdot 6,5 + 1,08 \cdot 3,5 = 27,9\%$$

Витрата тепла на дегідратацію каолініту сировини:

$$G_{H_2O}^i \cdot 1640 = 0,074 \cdot 1640 = 121,8 \text{ кДж} / \text{кг},$$

де 1640 кДж/кг гідратної води – тепловий ефект дегідротации каолініту.

Витрата тепла на декарбонізацію $CaCO_3$ і $MgCO_3$:

$$G_{CaCO_3}^i \cdot 425 + G_{MgCO_3}^i \cdot 334 = 4,85 \cdot 425 + 0,105 \cdot 334 = 2095,8 \text{ кДж} / \text{кг}$$

Витрата тепла на утворення рідкої фази 210 кДж/кг

Прихід тепла в результаті утворення клінкерних мінералів:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{100} \cdot (C_3S \cdot 126 + C_2S \cdot 171 + C_3A \cdot 14,6 + C_4AF \cdot 26) = \\ & = \frac{1}{100} \cdot (205,4 \cdot 126 + 117,18 \cdot 171 + 47,84 \cdot 14,6 + 44,69 \cdot 26) = 477,54 \text{ кДж/кг} \end{aligned}$$

Прихід тепла в результаті застигання рідкої фази $105 \text{ кДж/кг} \cdot \text{кл}$

Тепловий ефект клинкероутворення:

$$Q_p = 121,8 + 2095,8 + 210 - 477,54 - 105 = 1845,06 \text{ кДж/кг},$$

Утрата на випар води із сировини:

$$q_w^i = G_w^i \cdot 595 = 3,8 \cdot 595 = 2269 \text{ кДж/кг} \cdot \text{кл},$$

де $595 \text{ кДж/кг} \cdot \text{кл}$ – схована теплота утворення водяної пари при 0°C .

Утрата тепла з газами, що відходять:

$$\begin{aligned} q_a^{i \rightarrow \delta} &= \left[(V_{CO_2}^{\delta} + V_{CO_2}^i) \cdot \tilde{N}_{\tilde{N}O_2} + V_{CO}^m C_{CO} + V_{CH_4}^m C_{CH_4} + V_{H_2}^m C_{H_2} + \right. \\ & \left. + V_{N_2}^m C_{N_2} + V_{O_2}^m C_{O_2} + (V_{H_2O}^{\delta} + V_w^i + V_{H_2O}^i) \cdot \tilde{N}_{H_2O} \right] \cdot t_2^{i \rightarrow \delta} = \\ &= [(1,035 \cdot G_{\delta} + 0,266) \cdot 1,84 + 4,95 \cdot G_{\delta} \cdot 1,3 + 0,119 \cdot G_{\delta} \cdot 1,35 + (0,427 \cdot G_{\delta} + 1,15) \cdot 1,54] \cdot 250 = \\ &= 22997,4 \cdot G_{\delta} + 562,8 \text{ кДж/кг} \cdot \text{кл} \end{aligned}$$

Утрата тепла від хімічного недожога:

$$q_{xn} = V_{CO}^m \cdot 12789 + V_{CH_4}^m \cdot 36246 + V_{H_2}^m \cdot 10794 = 0 \cdot 12789 + 0 \cdot 36246 + 0 \cdot 10794 = 0,$$

де $12789, 36246, 10794 \text{ кДж/Н} \cdot \text{м}^3$ – нижча теплота згоряння CO, CH_4, H_2 .

Утрата тепла від механічного недожога:

$$q_{mn} = \frac{8100}{100} \cdot G_{пл}^{без} \cdot C_y = \frac{34020}{100} \cdot 0,03 = 0,$$

де $C_y = 0$ – зміст вуглецю в сухому віднесенні;

$$8100 \text{ ккал/кг} = 34020 \text{ кДж/кг};$$

Утрата тепла з клінкером:

$$q_{\epsilon\epsilon} = \tilde{n}_{\epsilon\epsilon} \cdot t_{\epsilon\epsilon} = 0,79 \cdot 100 = 79 \text{ кДж/кг} \cdot \text{кл},$$

де $c_{кл} = 0,79 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$ – теплоємність клінкера при $t_{кл} = 100^\circ$.

Утрата тепла з повітрям, що викидається з холодильника:

$$q_{\dot{a}}^{\dot{e}\zeta} = \left[V_{\dot{a}\delta} - \left(1 - \frac{\ddot{I}_{\dot{a}\zeta}}{100} \right) \cdot V_{\dot{a}}^* \cdot G_m \right] \cdot C_{\dot{a}} \cdot (t_{\dot{a}}^{\dot{e}\zeta} - t_{\dot{a}}) =$$

$$= (2,4 - 0,95 \cdot 26,25 \cdot G_m) \cdot 1,3 \cdot (170 - 15) = 483 - 1192,8 \cdot G_m \frac{\dot{e}\ddot{A}\alpha}{\dot{e}\ddot{\alpha}},$$

де $V_{\text{ex}} = 2,4 \text{ Н} \cdot \text{м}^3/\text{кг}$ – теоретична витрата;

$t_{\text{e}}^{uz} = 170^0$ – температура повітря з холодильника;

$t_{\text{e}} = 15^0$ – температура повітря.

де $C_{nl} = 1,05 \text{ кДж/кг град}$ – теплоємність віднесення.

Утрата тепла в навколишнє середовище печі:

$$q_{i\dot{i}\delta} = 21588 \cdot G_m \cdot \ddot{I}_{i\dot{i}\delta} = 21588 \cdot G_m \cdot 0,137 = 2961 \dot{e}\ddot{A}\alpha / \dot{e}\ddot{\alpha}.$$

З рівняння теплового балансу визначаємо значення G_m :

$$21588 \cdot G_m + 63 \cdot G_m + 51,24 + 122,2 \cdot G_m = 1845,06 + 2268 + 2297,4 \cdot G_m + 562,8 + 78,96 +$$

$$+ 483 - 1192,8 \cdot G_m + 31,5 + 2961 \cdot G_m$$

$$G_m = 0,295 \text{ кДж/кг}.$$

Питома витрата сировини на випал:

$$q_n = Q_{i\dot{e}\zeta}^{\delta} \cdot G_m = 21588 \cdot 0,295 = 6363 \dot{e}\ddot{A}\alpha / \dot{e}\ddot{\alpha}.$$

Тепловий баланс

Таб. 3.2.

Прихід			Витрата		
Найменування	Кількість		Найменування	Кількість	
	кДж/кг кл	%		кДж/кг кл	%
Теплота згоряння	6363	98,36	Теор. тепло клинкeroутворення	1845,06	28,5
Тепломісткість палива	18,9	0,29	Витрата тепла на випар води	2268	35,1
Тепломісткість сировини	51,24	0,79	Витрата тепла с вітх. газами	1243,2	19,2
Тепломісткість повітря	36,12	0,46	Витрата тепла з клинкером	78,96	1,2
			Витрата тепла з повітрям із холодильника	132,72	2,1
			Витрата у навколишнє середовище	869,4	13,4
			Витрата з віднесенням	31,5	0,5
Разом:	6469,2	100	Разом:	6469	100

5.4. Розрахунок на міцність

5.4.1. Розрахунок опорно-ходової частини

Контактні напруга в парі бандаж-ролик:

$$\sigma_{\kappa} = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{PE}{b} \cdot \frac{(R_{\sigma} + R_p)}{R_{\sigma} \cdot R_p}} = 0,148 \cdot \sqrt{\frac{3837 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot (2,98 + 0,85)}{0,9 \cdot 2,98 \cdot 0,85}} = 477 \text{ МПа},$$

де P – max навантаження на опорний ролик при максимальному навантаженні на опору,

$$P = \frac{Q_{\max}}{2 \cdot \cos \beta} = \frac{6600}{2 \cdot \cos 30,3^\circ} = 3837 \text{ кН}, \text{ где } Q_{\max} = 6600 \text{ кН}$$

(по табл. 2.2. [3]);

E – модуль пружності матеріалу бандажа і ролика, $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; $b = 0,9$ – ширина бандажа.

Припустимі контактні напруга

$$[\sigma_{\kappa}]' = 4,9 \text{ HB} \cdot (1 - 0,001 \text{ HB}) = 4,9 \cdot 160 \cdot (1 - 0,001 \cdot 160) = 660 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_{\kappa}]' = 660 \text{ МПа} > \sigma_{\kappa} = 477 \text{ МПа}$$

$\text{HB} \approx 160$ – твердість робочих поверхонь бандажа і ролика по Бринелю.

5.4.2. Розрахунок осі опорного ролика

Визначимо напруги в перетинах I, II і запаси міцності в цих перетинах (мал. 4.1.).

Осьова сила, що діє на ролик, $A = P \cdot f_c = 3837 \cdot 10^3 \cdot 0,2 = 767 \cdot 10^3 \text{ Н}$, де f_c – коефіцієнт тертя по сталі, $f_c = 0,2$

Згинальний момент від осьової сили:

$$M = A \cdot R_p = 767 \cdot 10^3 \cdot 0,85 = 652 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальну реакцію опор знаходимо:

$$R_A = \frac{P}{2} + \frac{G_p}{2} + \frac{M}{L} = \frac{3837 \cdot 10^3}{2} + \frac{240 \cdot 10^3}{2} + \frac{652 \cdot 10^3}{2,8} = 2271 \cdot 10^3 \text{ Н},$$

де L – відстань між опорами, $L = 2,8 \text{ м}$.

Моменти опору перетинів I, II:

$$W_I = 0,1 \cdot d_I^3 = 0,1 \cdot 600^3 = 2,16 \cdot 10^7 \text{ мм}^3;$$

$$W_{II} = 0,1 \cdot d_{II}^3 = 0,1 \cdot 700^3 = 3,43 \cdot 10^7 \text{ мм}^3.$$

Тут d , d_{II} – діаметри осі в перетинах I, II: $d = 600 \text{ мм}$, $d_{II} = 700 \text{ мм}$.

Нормативні напруги в перетинах I, II:

$$\sigma = \frac{R_A \cdot l_1}{W_I} = \frac{2271 \cdot 10^3 \cdot 500}{2,16} = 52,6 \text{ МПа}$$

Запас міцності з урахуванням ослаблення перетину жолобник:

$$n = \frac{\sigma_{-1} \cdot K_d \cdot K_v}{\sigma \cdot K_\sigma} = \frac{250 \cdot 0,8 \cdot 1}{52,6 \cdot 2,5} = 1,52,$$

де $\sigma_{-1} = 250 \text{ МПа}$ (сталь 40Х); DO_σ , K_d , K_v – ефективні коефіцієнти концентрації напруги для галтели, впливу абсолютних розмірів поперечного переріза, впливу стану поверхневого зміцненого шару. Для визначення коефіцієнтів прийmemo радіус галтели $r = 20 \text{ мм}$, тоді $r/d_{II} = 20/600 = 0,033$;

$$d_{II}/d = 700/600 = 1,16.$$

Коефіцієнт концентрації напруги знаходимо по табл. П1 [3]: при виготовленні осі зі сталі 40Хс $\sigma_y = 600 \text{ МПа}$, $DO_\sigma = 2,5$.

Коефіцієнт впливу абсолютних розмірів $K_d = 0,8$ по табл. П2 [3]; $K_v = 1$.

У перетині I запас міцності $n = 1,52$ більше припустимого $[n] = 1,5$. В інших перетинах запаси міцності ще більше.

5.4.3. Розрахунок підшипників качення на довговічність.

Осі опорних роликів установлені на чотирирядні конічні роликотіпшипники № 10777/560, нестандартне, сприймаюче навантаження радіальну. Осьове навантаження сприймають завзяті роликотіпшипники трирядні №9889468.

Максимальне значення опорної реакції знайдено раніше: $R_A = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Н}$.

Приведене навантаження на радіальний підшипник при $y = 0$, $x = 1$ складає

$$P_{rp} = R_A \cdot K_K \cdot K_\sigma \cdot K_m = 2,3 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 = 2,99 \cdot 10^6 \text{ Н},$$

де $K_K = 1$, $K_\sigma = 1,3$, $K_m = 1$ – коефіцієнти обертання, безпеки і температурний.

Приведене навантаження на завзятий підшипник:

$$P_{rp}^0 = A \cdot K_\sigma \cdot K_m = 767 \cdot 10^3 \cdot 1,3 \cdot 1 = 0,9 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Довговічність підшипників:

$$\text{для радіальних } (nh)^{0,3} = \frac{C_p \cdot g}{P_{np}^R} = \frac{20,5 \cdot 10^6 \cdot 9,81}{2,99 \cdot 10^6} = 67,3,$$

$$\text{для зав'язаних } (nh)^{0,3} = \frac{4,18 \cdot 10^6 \cdot 9,81}{0,9 \cdot 10^6} = 45,6.$$

Тут C_p – коефіцієнти працездатності, узяті з табл. 2, 3 [3] для використовуваних підшипників. Частота обертання підшипників

$$n_n = n \cdot \frac{R_\sigma}{R_p} = 1,25 \cdot \frac{2,98}{0,85} = 4,48 \text{ об/мин} = 0,23 \text{ рад/сек.}$$

Довговічність радіального підшипника $h_{rad} \geq 10^5 \text{ ч} > 10 \text{ років}$. Довговічність зав'язаного підшипника $h_{yn} = 33800 \text{ ч} \approx 4 \text{ роки}$. Треба врахувати, що пекти має постійне осьове переміщення, причому 25% робочого часу пекти переміщається нагору, а 75% - униз.

Найбільш навантажений “нижній” зав'язаний підшипник завантажений тільки 75% часу, тому фактична довговічність зав'язаного підшипника:

$$h_{yn}^\varnothing = \frac{h_{yn}}{0,75} = \frac{4,0}{0,75} = 5,3 \text{ года} > 5 \text{ лет}$$

5.4.4. Розрахунок бандажів

Максимальний згинальний момент у перетині бандажа над опорним роликом:

$$M_{из} = a_\sigma \cdot Q_{\max} \cdot R = 0,08 \cdot 6600 \cdot 10^3 \cdot 2,55 = 1,3 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $R = 2,55 \text{ м}$ – внутрішній радіус бандажа.

Момент опору перетину бандажа:

$$w_\sigma = \frac{b_\sigma \cdot h^2}{6} = \frac{0,9 \cdot 0,43^2}{6} = 0,028 \text{ м}^3;$$

де $b_\sigma = 0,9 \text{ м}$ – ширина бандажа.

$$h - \text{товщина бандажа, } h = R_\sigma - R = 2,98 - 2,55 = 0,43 \text{ м}.$$

Максимальна напруга вигину:

$$\sigma_{из} = \frac{M_{из}}{w} = \frac{1,3 \cdot 10^6}{0,028} = 4,6 \cdot 10^6 \text{ Па} = 46 \text{ МПа}$$

Необхідне для безсоромного з'єднання нагрітих бандажа і підбандажної обичайки теплові кільцеві зазори визначаємо в холодній зоні й у гарячій:

$$\Delta_x = 2 \cdot \alpha \cdot (R_K \cdot t_K^x - R_{\bar{o}.c} \cdot t_{\bar{o}}^x) = 2,0 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot (2,55 \cdot 100 - 2,765 \cdot 50) = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\Delta_x = 2 \cdot \alpha \cdot (R_K \cdot t_K^r - R_{\bar{o}.c} \cdot t_{\bar{o}}^r) = 2,0 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot (2,55 \cdot 350 - 2,765 \cdot 200) = 8,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Тут α - коефіцієнт лінійного розширення для сталі $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$;

$R_K = R = 2,55 \text{ м}$ – зовнішній радіус підбандажної обичайки з урахуванням товщини прокладок;

$R_{\bar{o}.c}$ – середній радіус бандажа:

$$R_{\bar{o}.c} = \frac{R_{\bar{o}} + R}{2} = \frac{2,98 + 2,55}{2} = 2,765 \text{ м,}$$

$t_K^x, t_{\bar{o}}^x, t_K^r, t_{\bar{o}}^r$ - температура корпусу і бандажа в холодній і гарячій зонах, приймаємо $t_K^x = 100^\circ \text{ C}$, $t_{\bar{o}}^x = 50^\circ \text{ C}$, $t_K^r = 350^\circ \text{ C}$, $t_{\bar{o}}^r = 200^\circ \text{ C}$.

Знайдені значення теплового зазору забезпечують безсоромне з'єднання бандажа і підбандажної обичайки в нагрітому стані з нульовим натягом.

Якщо прийняти зазори на $\Delta = 6 \text{ мм}$ менше, те забезпечиться посадка бандажа на підбандажну обичайку з тепловим натягом. При цьому максимально можливий питомий тиск:

$$q_m = \frac{\delta}{\frac{\alpha_1 - \mu_1}{E_1} + \frac{\alpha_2 - \mu_2}{E_2}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3}}{\frac{12 - 0,3}{1,8 \cdot 10^{11}} + \frac{6,68 - 0,3}{1,8 \cdot 10^{11}}} = 10,9 \text{ ППа}$$

$$\text{де } \delta - \text{відносний натяг, } \delta = \frac{\Delta}{2 \cdot R} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 2,55} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

$$\alpha_1 = \frac{1 + C_1^2}{1 - C_1^2} = \frac{1 + 0,92^2}{1 - 0,92^2} = 12;$$

$$\alpha_1 = \frac{1 + C_2^2}{1 - C_2^2} = \frac{1 + 0,86^2}{1 - 0,86^2} = 6,68;$$

$$C_1 = \frac{D_b}{D} = \frac{4,7}{5,1} = 0,92;$$

$$C_2 = \frac{D}{D_h} = \frac{5,1}{5,95} = 0,86,$$

де D – внутрішній діаметр бандажа, $D = 2R = 2 \cdot 2,55 = 5,1 \text{ м}$;

D_h – зовнішній діаметр бандажа, $D_h = 2R_{\bar{o}} = 2 \cdot 2,98 = 5,95 \text{ м}$;

D_6 – внутрішній діаметр підбандажної обичайки, $D_6 = 4,7$ м;

E – модуль пружності для сталі при температурі близько 200^0C , $E_1 \approx E_2 = 1,8 \cdot 10^{11}$ Па;

μ - коефіцієнт Пуассона для матеріалу бандажа і підбандажної обичайки,
 $\mu_1 = \mu_2 = 0,3$.

Далі визначаємо напруги в бандажі, викликувані тепловим натягом. Напруги на внутрішній поверхні бандажа одержуємо, використовуючи рівняння:

$$\text{нормальне } \sigma_o^B = \frac{1 + C_2^2}{1 - C_2^2} \cdot q_m = \frac{1 + 0,86^2}{1 - 0,86^2} \cdot 10,9 = 72,8 \text{ МПа},$$

$$\text{радіальне } \sigma_q^B = -q_m = -10,9 \text{ МПа}.$$

Напруга на зовнішній поверхні бандажа:

$$\text{нормальне: } \sigma_o^H = \frac{2 \cdot C_2^2}{1 - C_2^2} \cdot q_m = \frac{2 \cdot 0,86^2}{1 - 0,86^2} \cdot 10,9 = 61,9 \text{ МПа},$$

$$\text{радіальне } \sigma_q^H = 0$$

Еквівалентна напруга на внутрішній поверхні бандажа:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{(\sigma_o^B + \sigma_H)^2 + (\sigma_q^B)^2 - (\sigma_q^B + \sigma_H) \cdot (\sigma_o^B)} = \sqrt{(38 + 46)^2 + (-10,9)^2 - (38 + 46) \cdot 10,9} = 89,9 \text{ МПа}$$

Напруги, що допускаються, при виконанні бандажа зі сталі 29ГСП $[\sigma] = 25$ Мпа

5.4.5. Розрахунок гідроупорів

Сила, необхідна для переміщення печі гідроупорами:

$$p'_{\text{с.д.}} = G_{\text{об}} \cdot i = 38,35 \cdot 10^6 \cdot 0,035 = 1,34 \cdot 10^6 \text{ Н.} :$$

Умовно вважаємо, що ця сила повинна створюватися двома гідроупорами, хоча їхній 3:

$$p_{\text{с.д.}} = p'_{\text{с.д.}} / 2 = 1,34 / 2 = 0,67 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Контактні напруга в парі бандаж – завзятий ролик:

$$\sigma_K = 0,418 \cdot \sqrt{q \cdot E \cdot \frac{R_o^H + R_p^H}{R_o^H \cdot R_p^H}} = 0,418 \cdot \sqrt{21,68 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot \frac{14,6 + 0,58}{14,6 \cdot 0,58}} = 4,09 \cdot 10^8 \text{ Па} = 409 \text{ МПа}$$

Тут q – тиск у парі бандаж – завязтий ролик,

$$q = \frac{P_{c.d.}}{b} = \frac{0,67 \cdot 10^6}{0,19} = 2,68 \cdot 10^6 \text{ Н/м}; \quad b = 0,19 \text{ м} - \text{ширина завязтого ролика};$$

R_σ^H, R_p^H - радіуси поверхонь качення бандажа і ролика в площині, нормальній до лінії їхнього контакту.

Для визначення R_σ^H и R_p^H необхідно знати середній радіус завязтої поверхні бандажа:

$$R_{cp}^\sigma = R_\sigma - \frac{b}{2} = 2,08 - \frac{0,19}{2} = 2,86 \text{ м.}$$

Тоді при радіусі завязтого ролика $R_{p.y.} = 0,6 \text{ м}$, одержимо:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{R_{p.y.}}{R_\sigma} = \frac{0,6}{2,98} = 0,2;$$

$$\gamma = \arctg 0,2 = 11,1^\circ;$$

$$R_\sigma^H = \frac{R_{cp}^\sigma}{\sin \gamma} = \frac{2,86}{\sin 11,1^\circ} = 14,6 \text{ м,}$$

$$R_p^H = \frac{R_{cp}^\sigma \cdot \operatorname{tg} \gamma}{\cos \gamma} = \frac{2,86 \cdot 0,2}{\cos 11,1^\circ} = 0,58 \text{ м,}$$

Контактні напруги, що допускаються, при твердості поверхонь бандажа і завязтого ролика $HВ$ (160 складає, як було визначено раніше, $[\sigma_0] = 660 \text{ Мпа} > \sigma_0 = 409 \text{ Мпа}$.

Міцність цапфи завязтого ролика (мал. 5.1.) при зовнішньому діаметрі $D_\sigma = 0,53 \text{ м}$ і внутрішньому $d_o = 0,15 \text{ м}$ перевіряємо в перетині, де циліндрична частина переходить у конічну. Згинальний момент у цьому перетині:

$$M_1 = P_{c.d.} \cdot (h - h_1) = 0,67 \cdot 10^6 \cdot (0,422 - 0,3295) = 0,62 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м,}$$

$$\text{де } h = 0,422 \text{ м; } h_1 = 0,3295 \text{ м.}$$

Момент опору цього перетину:

$$W_1 = 0,1 \cdot \frac{D_0^4 - d_0^4}{D_0} = 0,1 \cdot \frac{(0,53^4 - 0,15^4)}{0,53} = 14,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Напруга вигину:

$$\sigma = \frac{M_1}{W_1} = \frac{0,62 \cdot 10^5}{14,8 \cdot 10^{-3}} = 4,2 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 4,2 \text{ МПа}$$

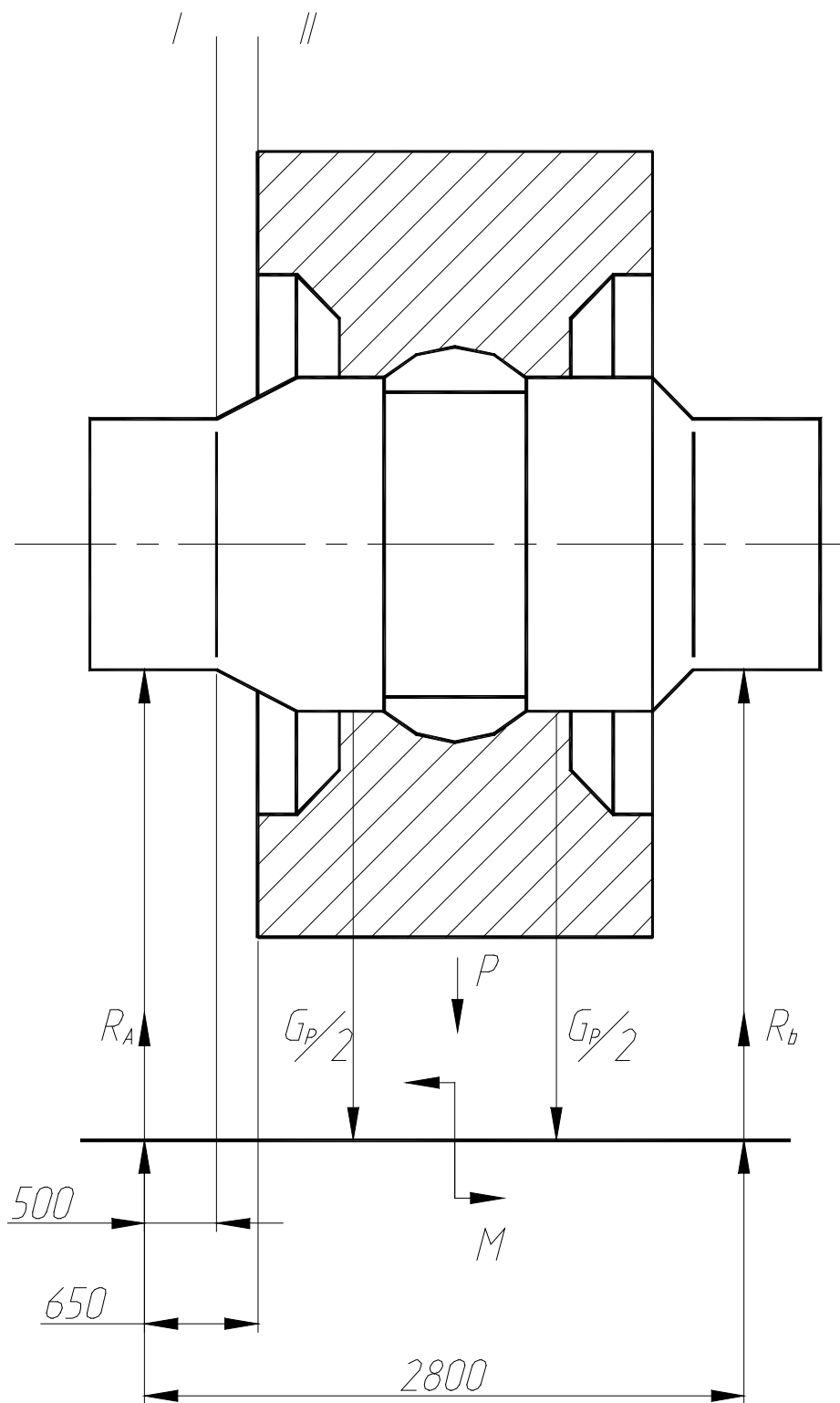


Рис. 5.1. Вісь опорного роліка

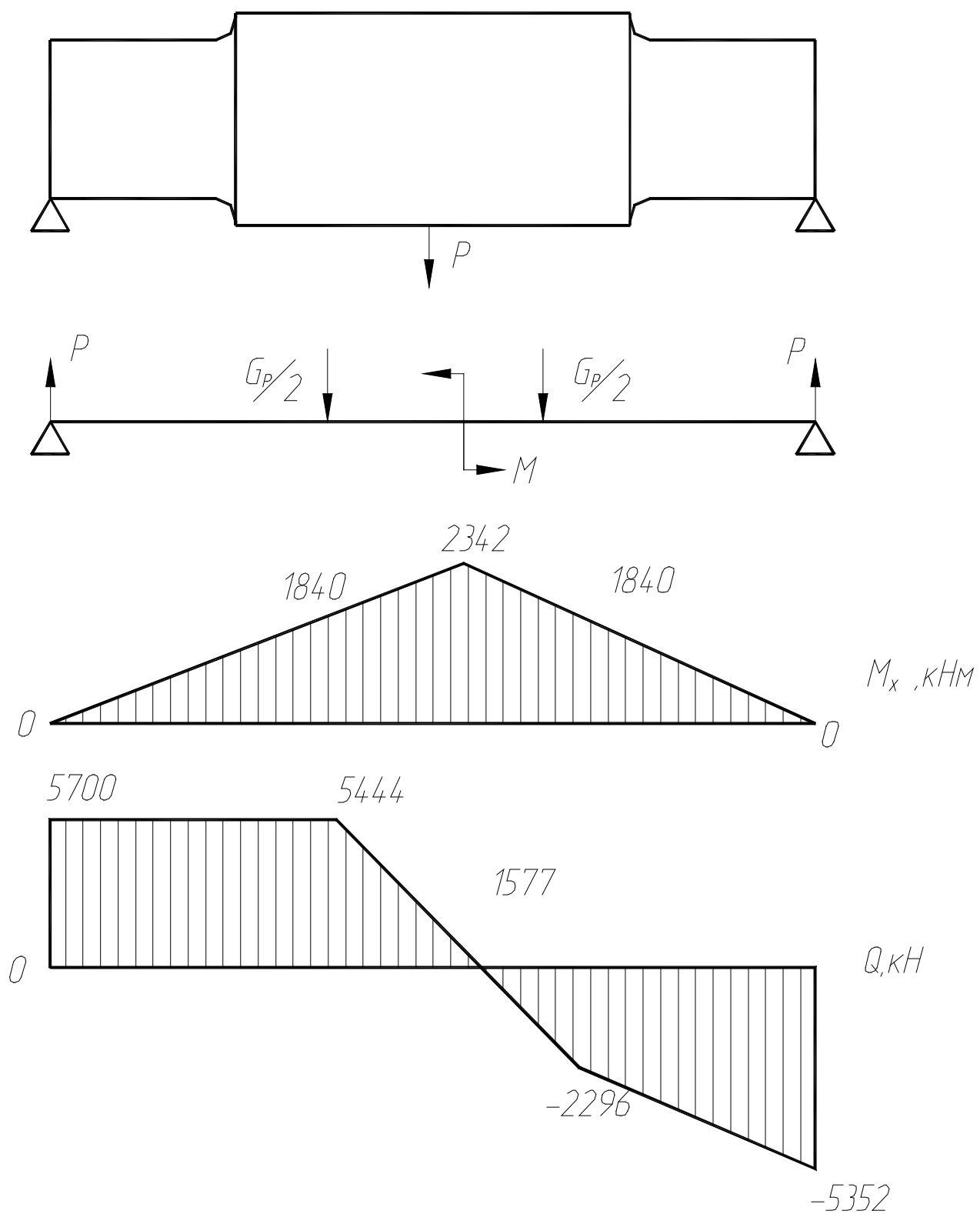


Рис. 5.2. Схема навантажень, епюри моментів і перерізуючих сил опорного ролика

Напруги, що допускаються, приблизно на порядок вище, тому запас міцності не визначаємо через малі напруги в перетині. В інших перетинах напруги будуть ще менше. Перевірку міцності напрямних завязаного ролика робимо для випадку, коли ролик знаходиться посередині направляючої. Для визначення \max згинаючого моменту, що діє в перетині D , знаходимо зусилля R_c , R_d при наступних геометричних розмірах:

$$a = 0,8 \text{ м}; \quad d_{p.y.} = D_{p.y.} - 2 \cdot b \cdot \operatorname{tg} \gamma = 1,1 - 2 \cdot 0,19 \cdot 0,2 = 1,024 \text{ м}; \quad l = 1,2 \text{ м}.$$

Тоді одержимо такі зусилля:

$$\begin{aligned} R_c &= \frac{P_{c.d.} \cdot h}{2 \cdot a} - \frac{P_e}{2 \cdot a} \cdot \left(\frac{D_{p.y.} + d_{p.y.}}{4} + \frac{a}{2} \right) = \frac{0,67 \cdot 10^6 \cdot 0,422}{2 \cdot 0,8} - \\ &- \frac{1,34 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,8} \cdot \left(\frac{1,1 + 1,024}{4} + \frac{0,8}{2} \right) = 0,99 \cdot 10^5 \text{ Н}; \\ R_d &= \frac{P_{c.d.} \cdot h}{2 \cdot a} - \frac{P_e}{2 \cdot a} \cdot \left(\frac{D_{p.y.} + d_{p.y.}}{4} - \frac{a}{2} \right) = \frac{0,67 \cdot 10^6 \cdot 0,422}{2 \cdot 0,8} - \\ &- \frac{1,34 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,8} \cdot \left(\frac{1,1 + 1,024}{4} - \frac{0,8}{2} \right) = 1,66 \cdot 10^5 \text{ Н}; \\ R_A &= \frac{R_c}{1,2} \cdot \left(a + \frac{l-a}{2} \right) - \frac{(l-a) \cdot R_d}{2 \cdot l} = \frac{0,99 \cdot 10^5}{1,2} \cdot \left(0,8 + \frac{1,2-0,8}{2} \right) - \frac{(1,2-0,8) \cdot 1,66 \cdot 10^5}{2 \cdot 1,2} = 5,5 \cdot 10^4 \text{ Н}; \\ R_B &= \frac{R_d}{1,2} \cdot \left(a + \frac{l-a}{2} \right) - \frac{(l-a) \cdot R_c}{2 \cdot l} = \frac{1,66 \cdot 10^5}{1,2} \cdot \left(0,8 + \frac{1,2-0,8}{2} \right) - \frac{(1,2-0,8) \cdot 0,99 \cdot 10^5}{2 \cdot 1,2} = 12,1 \cdot 10^4 \text{ Н}; \end{aligned}$$

Тут P_e – вертикальна складова сили, що зрушує

$P_B = P_{cd} \cdot \operatorname{tg} \gamma = 0,67 \cdot 10^6 \cdot 0,2 = 1,34 \cdot 10^5 \text{ Н}$, Вага завязаного ролика $G_p = 19,6$ (103 Н значно менше зусиль P_{cd} , P_e , тому без великої погрішності їм можна зневажити.

Максимальний згинальний момент буде діяти в перетині B :

$$M_B = R_B \cdot \frac{l-a}{2} = 12,1 \cdot 10^4 \cdot \left(\frac{1,2-0,8}{2} \right) = 2,42 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору перетину направляючої з діаметром $d_n = 0,5 \text{ м}$ дорівнює:

$$W_H = 0,1 \cdot d_n^3 = 0,1 \cdot 0,5^3 = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Напруга вигину в цьому перетині:

$$\sigma = \frac{M_B}{W_H} = \frac{2,42 \cdot 10^4}{1,25 \cdot 10^{-3}} = 19,3 \text{ МПа}$$

При виконанні напрямних зі сталі 45 границя витривалості при вигині можна приймати $\sigma_{-1} = 0,4 \cdot \sigma_y = 0,4 \cdot 600 = 240 \text{ Мпа}$, де межа міцності $\sigma_y = 600 \text{ Мпа}$. Запас міцності по границі витривалості

$$n = \frac{\sigma_{-1} \cdot K_d \cdot K_v}{\sigma} = \frac{240 \cdot 0,88 \cdot 1,1}{19,3} = 12,03,$$

де K_d – коефіцієнт впливу абсолютних розмірів поперечного переріза, по таб. П2 [3] $K_d = 0,88$, по таб. П3 [3] $K_v = 1,1$.

Робочий хід печі під дією гідроупорів l_x приймаємо рівним $0,07 \text{ м}$, час переміщення корпуса печі нагору $t_p \leq 1 \text{ ч}$, кількість *гідроциліндрів*

$z_1 = 6$, робочий тиск у гідроциліндрі $P_{ж} = 10 \text{ Мпа}$. Будемо вважати, що і один гідроупор здатн переміща пек нагору, тоді $z_2 = 2$.

Необхідна площа кожного поршня:

$$F_u = \frac{P_{сд}}{z \cdot P_{ж}} = \frac{0,67 \cdot 10^6}{2 \cdot 10} = 3,35 \cdot 10^4 \text{ мм},$$

а необхідний діаметр

$$D_n = \sqrt{4 \cdot \frac{F_u}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,35 \cdot 10^4}{3,14}} = 206 \text{ мм}.$$

Приймаємо $D_{n.\varnothing} = 250 \text{ мм}$, тоді необхідна продуктивність мастилостанції

$$Q = Z_1 \cdot F_{n.\varnothing} \cdot v = \frac{\pi \cdot D_{n.\varnothing} \cdot Z_1 \cdot l_x}{4 \cdot t_p} = \frac{3,14 \cdot 0,25^2 \cdot 6 \cdot 0,07}{4 \cdot 60} = 0,34 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{мин}} = 0,34 \frac{\text{л}}{\text{мин}}$$

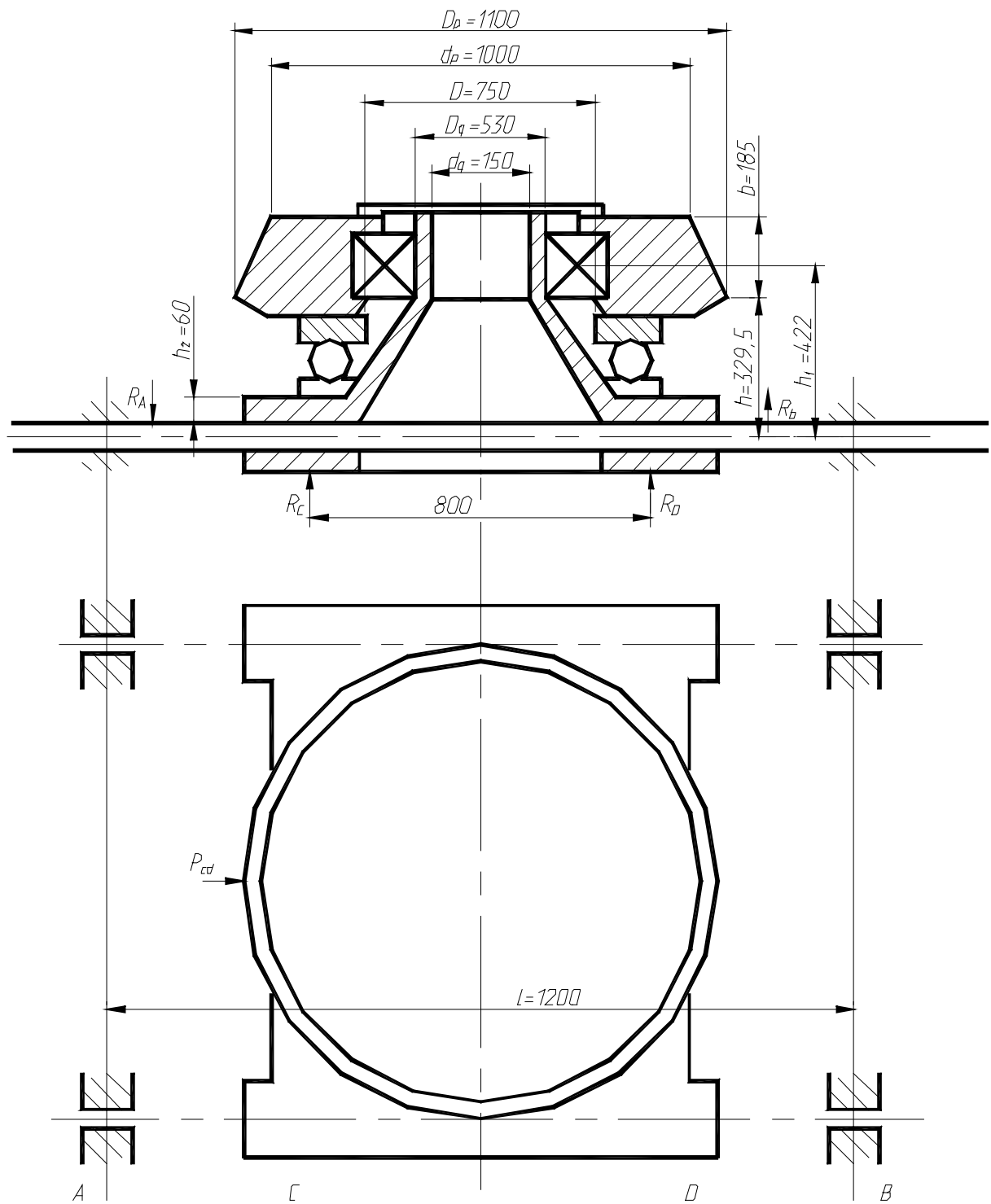


рис. 4.2.
Упорний ролік

5.4.6. Розрахунок відкритої зубчастої передачі

Перевірку міцності робимо по напругах вигину. При цьому вихідними для розрахунку наступні:

модуль передачі $m = 45$;

кількість зубів шестірні $Z_1 = 32$;

кількість зубів колеса $Z_2 = 150$;

передатне відношення $i_{з.п.}^{\varnothing} = 6,818$;

робоча ширина вінця $b = 800$ мм;

ступінь точності – a ;

матеріал шестірні – сталь 34ХНІМА;

колеса – 35ХМЛ;

твердість шестірні $HB = 240$;

твердість колеса $HB = 200$.

Момент, що крутить, на шестірні:

$$M_1 = 9600 \cdot \frac{N_{гл} \cdot i_p \cdot \eta_{гл}}{n_{дв.гл}} = 9600 \cdot \frac{400 \cdot 26,449 \cdot 0,92}{630} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент, що крутить, на колесі:

$$M_2 = M_1 \cdot i_{з.п.}^{\varnothing} = 1,5 \cdot 10^5 \cdot 6,818 = 10,227 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Частота обертання шестірні:

$$n_{ш} = \frac{n_{гл.дв.}}{i_p} = \frac{630}{26,449} = 23,82 \text{ об/мин} = 2,49 \text{ рад/сек.}$$

Окружна швидкість зачеплення:

$$v_{ш} = \frac{\pi \cdot d_{ш} \cdot n_{ш}}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,045 \cdot 22 \cdot 23,82}{60} = 1,234 \text{ м/с.}$$

Формула перевірного розрахунку для прямозубої циліндричної передачі:

$$\sigma_F = Y_F \cdot k_{\beta} \cdot k_v \cdot \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M_1}{m^2 \cdot Z_1 \cdot b} < [\sigma_F]$$

Тут Y_F – коефіцієнт форми зуба, вибирається за графіком $Y_{F_{ли}} = 3,16$ при $Z_1 = 22$ і нульовому коефіцієнті зсуву;

k_β - коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження по ширині вінця зубчастого колеса $k_\beta = 1,08$; при $\psi = \frac{b}{d_w} = \frac{800}{990} = 0,808$ і $HB_k < 350$;

$d_w = m \cdot Z_1 = 45 \cdot 22 = 990$ мм, k_v - коефіцієнт динамічного навантаження, при $v < 1$ м/с, дев'ятого ступеня точності передача, твердості поверхні колеса $HB < 350$ і шестірні $HB < 350$ $k_v = 1,13$; $[\sigma_F]_w$ - допустиме напруження на вигин для зубів,

$[\sigma_F]_w = \frac{\sigma_{lim} \cdot k_\alpha \cdot k_\beta}{S} = \frac{140 \cdot 1,1 \cdot 1}{3} = 46,7$ МПа, де σ_{lim} - границя витривалості зубів при вигині, що відповідає базовому числу циклів нагружений, у відповідності при твердості серцевини $HB_w > 370$, $\sigma_{lim} = 140$ МПа, k_l - коефіцієнт, що враховує вплив двостороннього додатка навантаження на зуби, при однобічній дії $k_l = 1$; k_a - коефіцієнт довговічності, при тривалості роботи передачі понад 5 років безупинної роботи можна прийняти $k_a = 1$; s - коефіцієнт безпеки $s = 2$, для відкритої зубчастої передачі, підданої абразивного зносу, збільшуємо коефіцієнт безпеки приблизно на 50% і приймаємо $s_w = 3$. Після підстановки у формулу перевірного розрахунку одержимо:

$$\sigma_{F_w} = 3,16 \cdot 1,08 \cdot 1,13 \cdot \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^5}{45^2 \cdot 22 \cdot 800} = 32,46 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{F_w} = 32,46 \text{ МПа} < 46,7 \text{ МПа}$$

Для колеса:

$$\sigma_{FK} = 3 \cdot 1,08 \cdot 1,13 \cdot \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 10,5 \cdot 10^5}{45^2 \cdot 150 \cdot 800} = 30,7 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{FK} = 30,7 \text{ МПа} < [\sigma_F]_K = 110 \text{ МПа}$$

Тут $Y_{FK} = 3$; $k_\beta = 1,08$; $k_v = 1,13$; $M_k = M_1 \cdot i = 1,5 \cdot 10^5 \cdot \frac{150}{22} = 10,2 \cdot 10^5$ Н·м,

$$[\sigma_F]_K = \frac{330 \cdot 1 \cdot 1}{3} = 110 \text{ МПа}; Z_2 = 150; k_a = 1; k_c = 1; s = 2; \sigma_{lim} = 330 \text{ МПа}.$$

Отже, міцність зубів на вигин достатня.

6.1 МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ ДЛЯ ВИПАЛЮВАННЯ ЦЕМЕНТНОГО КЛІНКЕРУ

1. Технологія складання привода.

1.1. Ескіз привода .

1.2. Специфікація.

1.3. Схема складання.

1.4. Операційна карта складання.

2. Монтаж машини на фундаменті.

2.1. План-схема розміщення фундаментних болтів.

2.2. Карти ескізів монтажу машини

2.3. Операційна карта монтажу.

3. Експлуатація машини.

3.1. Схема змащення

3.2. Таблиця змащення

1.1 СКЛАДАННЯ ОПОРИ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ 5*185

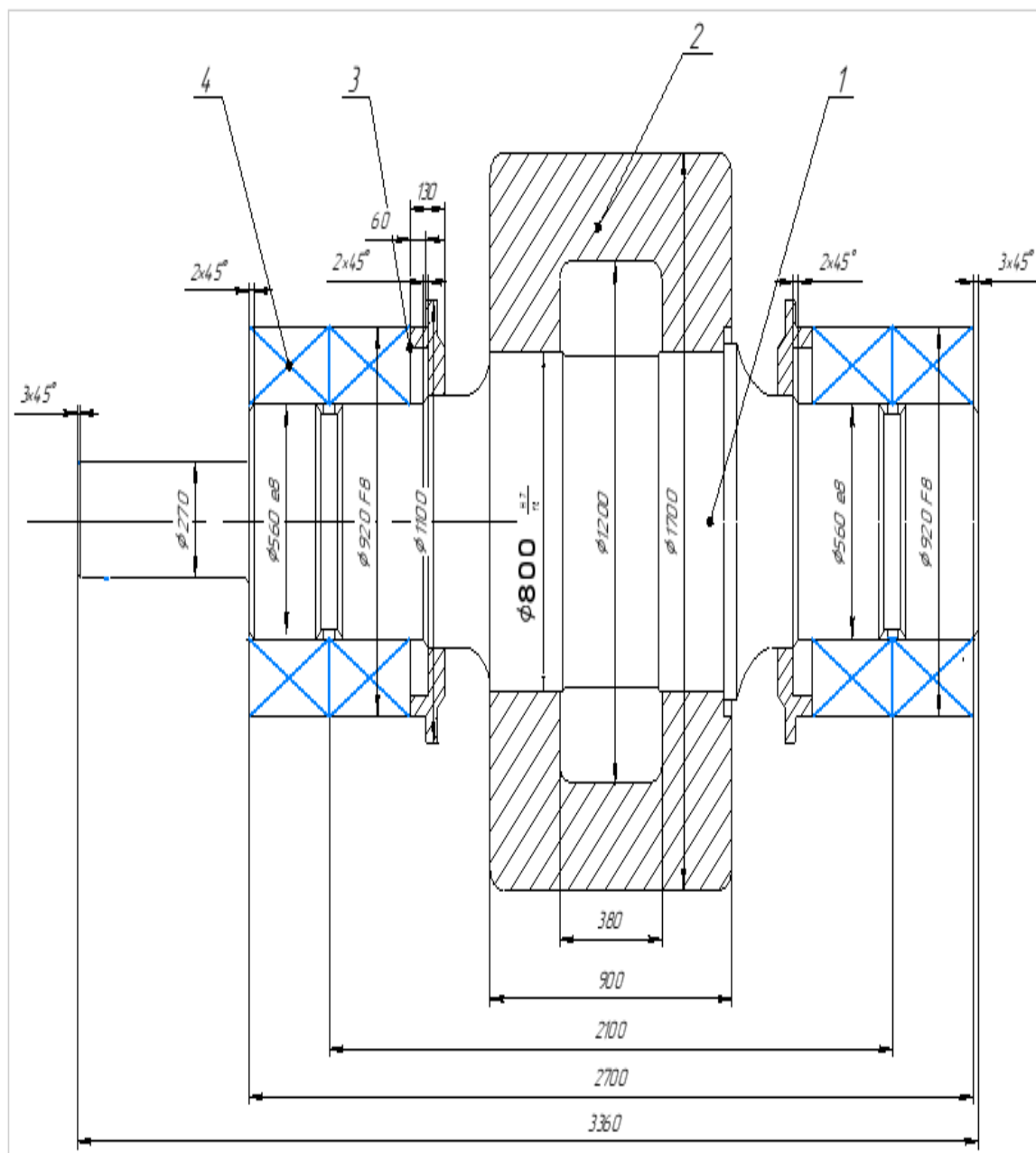


Рисунок 1 . Ескіз опорного ролика печі

[illegible]

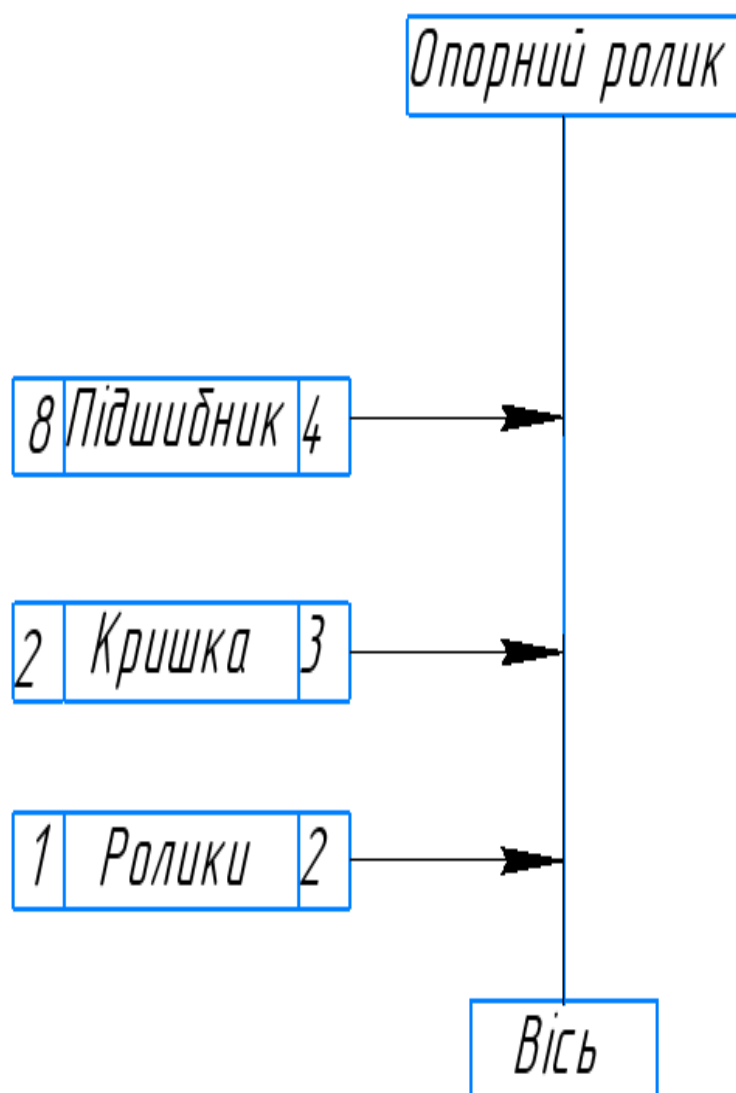


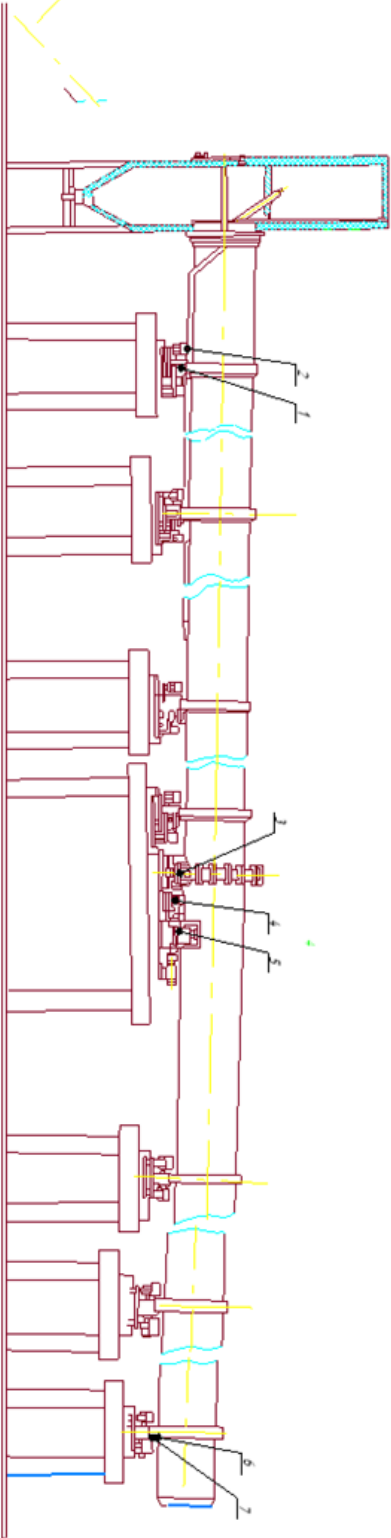
Схема складання опорного ролика

[illegible]

Інв. № дубл.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата								
Карта ескізу												
Вступ опису												
(6)												
<table border="1"> <tr> <td>Розроб.</td> <td>Виконав</td> <td>Перевірив</td> <td>Затвердив</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Розроб.	Виконав	Перевірив	Затвердив				
Розроб.	Виконав	Перевірив	Затвердив									
Стр.	Арх.	А.І.І.	П.І.І.	В.І.І.								

Інв. № дубл. л.		Підпис і дата		взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис і дата		ГОСТ 3.1407 – 74 Форма 1			
						</							

4		Гідроупора	1	Кран підйомний Q=2	Гайковий ключ S=32	7								
5	Застропити, підняти та встановити корпус печі на опорні ролики.	корпус6	1			1								
	Застропити та установити газову грелку8 , та димову камеру9	Газову грелку7	1			3								
		Димова камера8												
	Загальний час монтажу					22								
				Розроб.	Вовчок Е.С.	Арк.								
				Перевірів	Борицький С.О.									
				Керівник		Аркуш								
	Зм.	2рк.	№	Підпис	Дата	Зм.	2рк.	№ докум	Підпис	Дата	Н. контр.			

Інв. № дубл	Підпис і дата	Вмч. Інв. №	Інв № дубл	Підпис і дата										
Схема змащення														
Номер операції														
														
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Н.Контр				
										Розробив	Водчок Е.С.			Лист
										Перевірив	Борщук С.О.			
										Керівник				Лист

Таблиця змащення

№ п/п	Змащуванні місця	Кількість точок зм-ння	Змазка	Метод зм-ння	Періодичність змащення
1	Ролик	1	УС-2	Набивка	2 рази у місяць
2	Підшибник ролика	2	УС-3 (Т) ГОСТ 1033-81	Набивка мастила через пробку	1 раз у місяць
3	Шестерня	2	УС-2	Циркуляційна змащення	2 рази/місяць
4	Основний редуктор	2	АК-15 АК-10 (взимку)	Циркуляційна Система в змащення	Під час роботи
5	Допоміжний редуктор	2	АК-15 АК-10 (взимку)	Циркуляційна Система у змащення	Під час роботи
6	Ролик	1	АК-15 АК-10 (взимку)	Набивка	2 рази у місяць
7	Підшибник ролика	2	УС-3 (Т) ГОСТ 1033-81	Набивка мастила у спеціальну пробку	1 раз у місяць

6.2. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

6.2.1 Обґрунтування необхідності модернізації

Промисловість хімічного машинобудування формує не тільки виробничу, але й соціально-побутову структуру, забезпечуючи досконалість експлуатації та естетичну виразність об'єктів.

Питання економіки та якості мають першочергове значення для хімічного машинобудування. В даний час поставлена задача не тільки забезпечити потреби народного господарства, а й забезпечити раціональне використання трудових, матеріальних та енергетичних ресурсів на їх виробництво.

У дипломному проекті проводиться розробка і модернізація обертової печі 5×185 м, установленої на Балаклеївському заводі.

Піч є основним технологічним устаткуванням цементного заводу по "мокрому" способу виробництва.

До достоїнств попередньої конструкції відносяться: велика продуктивність печі, велика потужність основного та допоміжного приводів, простота в експлуатації печі.

До недоліків попередньої конструкції можна віднести складність конструкції опори - в цілому, досить велику вагу, не велику амортизаційну здатність.

Для запобігання зміщення опор та скривлення вісі печі частину роликпопори сучасних печей встановлюють на амортизатори.

Метою модернізації є вдосконалення конструкції опори шляхом підвищення енергоємності пружних елементів та спрощення конструкції. Технічний результат при здійсненні винаходу заключається в підвищенні амортизаційної здібності і досягається спрощенням конструкції роликпопори і підвищенням надійності її роботи.

Опора обертової печі, яка містить опорні ролики з розміщеними на їх осях підшипниками, встановленими в корпусах, виконаними рухомими, розміщеними на рамі, відрізняється тим, що осі роликів з підшипниками встановлені в поворотних рычагах, кожний з яких жорстко з'єднаний з трубою, всередині труби

розміщений пружний елемент в вигляді торсіону, один кінець останнього закріплений в трубі, а інший в корпусі одного з підшипників.

Поєднання ознак винаходу, включаючи виконання пружних елементів в вигляді торсіонів підвищує амортизаційну здатність опори в цілому порівнюючи з пружиною, торсіон має енергоємність в 1,2- 1,5 разів більшу, що і забезпечує досягнення згадуваного раніше технічного результату.

Після модернізації змінюються такі показники – зменшується зміщення опор, скривлення вісі печі та осьове навантаження на упорні підшипники - роlikоопори, що приводить до збільшення довговічності підшипників, збільшуються міжремонтні періоди експлуатації роlikоопор, збільшується термін служби пружного елемента, що призводить до збільшення дійсного фонду часу роботи машини та до збільшення продуктивності печі.

При розрахунку довговічності найбільш навантаженого “нижнього” упорного підшипника дорівнює 5,3 років, що на 6% більше в порівнянні з експлуатованою роlikоопорою.

Технічна характеристика базової та проектованої машини приведені в табл.6.1.

Табл. 6.1.

№	Показники	Одиниця виміру	Базова піч	Проектована піч
1	Річна продуктивність печі	<i>t</i>	<i>591300</i>	624150
2	Встановлена потужність головного електродвигуна печі	<i>кВт</i>	<i>2×250</i>	<i>2×250</i>
3	Установлена потужність допоміжного двигуна	<i>кВт</i>	<i>2×30</i>	<i>2×30</i>
4	Термін служби упорних підшипників <u>ролікоопор</u> (всього 14 <u>ролікоопор</u>)	<i>років</i>	<i>5</i>	<i>5,3</i>
5	Вага печі	<i>t</i>	<i>3716</i>	<i>3714,5</i>

6.2.2 Витрати на проектні роботи.

Витрати на проектні роботи включають наступні статті:

- основна заробітна плата розроблювачів;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування на соціальні заходи;
- матеріали на проектування;
- консультації;
- накладні витрати;
- вартість машинного часу.

6.2.3. Розрахунок трудомісткості конструкторської підготовки виробництва.

По кожнім з видів робіт відповідно до новизни, складністю проектного об'єкту і використанням норм часу на розробку конструкторської документації табл.7 [1], визначаємо загальний нормативний час конструкторської підготовки виробництва Вказівкою професії і кваліфікації виконавців згідно табл.8 [1]. Результати розрахунку трудомісткості конструкторської підготовки зводимо в таблицю

6.2.

Найменування конструкторської документації або видів робіт	Кількість облікових одиниць	Групи		Норми часу, год		Кваліфікація виконавців
		Новизни	Складності	На одиницю	Усього	
Креслення лінії по виробництву цементу “мокрим” способом	1	A	1	17	17	I.K. II к
Креслення обертової печі 5×185 м. Загальний вид	1	A	3	24	24	I.K. I к
Зубчатий вінець. Складальне креслення	1	A	2	11	11	I.K. II к
Опора печі. Складальне креслення	1	A	4	20	20	I.K. II к
Голівка печі. Складальне креслення	1	A	3	24	24	I.K. II к
Упорний ролик. Складальне креслення	1	A	3	15	15	I.K. II к
Схема автоматизації обертової печі 5×185 м	1	A	3	15	15	I.K. I к
Схема з розрахунку на міцність за допомогою програми “Весна”	1	B	3	16	16	I.K. II к
Модернізація опори печі. Складальне креслення	1	B	3	16	16	I.K. II к
Креслення деталі “Стійка”	1	A	4	15	15	C.T.K.
Специфікації	15	A	1	0,6	9	C.T.K.
Пояснювальна записка	150	B	4	1,5	225	I.K. II к

6.2.4. Розрахунок трудомісткості технологічної підготовки виробництва.

Технологічна підготовка виробництва включає:

- забезпечення технологічності конструкції виробу;
- проектування технологічних процесів;
- проектування технологічного оснащення.

Трудомісткість технологічного контролю конструкцій врахована в розрахунку витрат часу на конструкторську підготовку виробництва.

Основою для визначення трудомісткості технологічної підготовки виробництва є кількість оригінальних, стандартних, деталей, що уніфікувалися і їхня складність. Результати розрахунку трудомісткості проектувань процесів зводимо в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3

Види робіт	Групи складності	В врахованих одиницях	Норма часу, ч		Кваліфікація виконавців
			На одиницю	Усього	
Проектування технологічного операційного процесу					
Стійка Операційна технологія	4	1	40	40	І.Т. І к.
Стійка Маршрутна технологія	3	1	3,2	3,2	І.Т. І к.
Загальна трудомісткість підготовки виробництва				43,2	

Примітка: І.Т. І до - інженер-технолог 1-й категорії

6.2.5. Розрахунок основної заробітної плати розроблювачів.

Основна заробітна плата робітників визначається на підставі даних трудомісткості окремих робіт і посадових окладів.

Результати розрахунку основної заробітної плати зводимо до таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

№	Посада виконавця	Трудовіткість, година	Відпрацьовано, чол /міс	Оклад, грн	Основна заробітна плата, грн
1	Інженер конструктор I категорії	73	0,36	700	258,08
2	Інженер конструктор II категорії	404	2,04	600	1224,2
3	Інженер технолог I категорії	43,2	0,21	650	141,81
4	Старший технік конструктор	24	0,121	650	78,78
Разом: Основна зарплата					1692,87

Примітка: величини окладів приведені відповідно штатному розкладу Балаклейського цементного заводу станом на 01.12.2004

6.2.6. Відрахування на соціальні заходи.

Відрахування на соціальні заходи визначаються у відсотках від суми основної і додаткової заробітної плати, величина відрахування складає 36,8% і складається з відрахування до пенсійного фонду (32%), відрахування на соціальне страхування (1,9%) і відрахувань у фонд зайнятості (2,9%) [1], у такий спосіб загальна сума відрахувань складає:

$$B_{с.з.} = 36,8 \times \frac{Z_{доп} + Z_{осн}}{100} = 36,8 \times \frac{1015,72 + 1692,87}{100} = 996,76$$

6.2.7. Витрати на матеріали для проектування.

Вартість матеріалів на проектування розраховуємо по діючим оптових цінах. Розрахунок вартості зводимо до таблиці 6.5.

Табл. 6.5.

Вартість матеріалів витрачених на проектування.

Матеріали	Кількість, <u>шт</u>	Вартість одиниці, грн	Загальна сума грн.,
Папір для креслення (A1)	10	1,50	15
Папір писальна (A4)	150	0,05	7,50
Олівці	1	3,50	3,50
Роздруківка креслень A1	10	7	70
Набір лінійок	1	6,0	6,0
Гумка	2	1,50	3,0
Готовальня	1	25,0	25,0
Ручка	4	0,35	1,4
Технологічна документація, специфікації	20	0,15	3
Невраховані матеріали, 10%			13,4
Разом:			147,80

Таблиця 6.6

Витрати на консультації

№	Найменування	Оплата, грн/година	Години	Усього, грн
1	Спецкурс	25	25	625
2	економіка	25	1	25
3	автоматизація	25	1	25
4	Тех. маш.	25	2	50
5	Охорона праці	25	1	25
Разом: витрати на консультації			30	750

6.2.8. Кошторис витрат на проектування.

Сумарні витрати на проектні роботи визначаються як сума всіх часткових витрат, див. табл. 6.7.
Табл. 6.7.

Кошторис витрат на проектування

Стаття витрат	Витрати, грн	Питома вага, %
Основна заробітна плата	1692,87	25,69
Додаткова заробітна плата	1015,72	15,42
Відрахування на соціальні заходи	996,76	15,12
Вартість матеріалів на проектування	147,80	2,24
Витрати на консультації	750	11,38
Витрати на машинний час	463,05	7,02
Накладні витрати	1523,58	23,12
РАЗОМ:	6589,46	100%

6.2.9. Розрахунок собівартості .

$$C_n = \left(M + Z_{осн} \cdot \left(1 + \frac{P}{100} \right) + Z_{осн} \cdot \frac{\alpha}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{\eta}{100} \right) + \frac{Z_{пр.роб.}}{1} \quad (6.5.)$$

де M – витрати на матеріали, напівфабрикати і покупні вироби, грн.;

$Z_{осн}$ – основна заробітна плата виробничих робітників, грн.;

P – витрати на експлуатацію й обслуговування устаткування, цехові і загальнозаводські витрати в % до основної заробітної плати працівників. $P = 230 - 320\%$. Приймаємо $P = 275\%$

α - додаткова заробітна плата і нарахування, = 105-130%. Приймаємо $\alpha = 120$; [1]

η - позавиробничі витрати в % до загальнозаводської собівартості, $\eta = 2,5 \div 3,5\%$. Приймаємо $\eta = 3\%$ [1].

$Z_{пр}$ – загальні витрати на проектні роботи;

N – кількість модернізованого обладнання

Таблиця 6.8.

Розраховані дані по витратах матеріалів

(ціни взяті по даним журналу "Бізнес" за грудень 2004р.)

Найменування	Одиниця виміру	Марка	Чиста маса, т	Коеф. Використання	Чорна маса, т	Ціна за т, грн	Сума, <i>грн.</i>
Сталь	т	45	4,1	0,85	4,83	1785	8621,55
Сталь	т	Ст20	0,828	0,8	1,035	1460	1511,0
Сталь	т	Сталь 65Г	0,98	0,95	1,035	3700	3829,5
Разом:							13962,05
Транспортно-заготівельні витрати (4-6% від вартості матеріалів). Приймаємо 5%			$T_{з.г.} = \frac{13962,05 \cdot 5}{100} = 698,1$				698,1
Відходи віднімаються. (ціна відходів 20% від вартості матеріалів.)			$C_1 = (4,83 - 4,1) \cdot 357 = 260,61$ $C_2 = (1,035 - 0,828) \cdot 292 = 60,44$ $C_3 = (1,035 - 0,98) \cdot 740 = 40,7$				361,75
Матеріали:			13962,05+698,1-361,75= 14298,4				14298,4
Інші невраховувані матеріали (приймають укрупнено 8-10% від вартості врахованих матеріалів). Приймаємо 10%			$C_{н.м.} = \frac{14298,4 \cdot 10}{100} = 1429,84$				1429,84
Усього матеріалів			14298,4+1429,84=15728,24				15728,24

6.2.10 Витрати на придбання стандартних елементів

Покупні вироби.

Таблиця 6.9.

Найменування	Одиниця	Марка	Кількість	Маса, кг	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
Підшипник 66407	шт.	ГОСТ 831-62	14	120	188,2	2636

Транспортно - заготівельні витрати (5% вартості).	$C_{з.р.} = (2366) \cdot 5 / 100 = 118,3 \text{ грн.}$	118,3
Разом		2767,17

(ціни взяті по даним журнала "Бізнес" за грудень 2004р.)

Витрати на матеріали визначаємо як суму покупних виробів та витрат на матеріали:

$$M = M_{\text{пок.}} + M_{\text{мат.}} = 15728,24 + 2767,17 = 18495,41 \text{ грн.}$$

Основна заробітна плата виробничих робітників розраховується по формулі:

$$Z_{\text{осн}} = T_n \cdot C_{\text{тср}} \quad (6.6)$$

де T_n – нормативна трудомісткість виготовлення нової печі, ч;
 $C_{\text{тср}}$ – годинна тарифна ставка працівників. Приймаємо 4 розряд з відповідною ставкою 3 грн/год. ставка прийнята за даними підприємства.

Нормативна трудомісткість виготовлення проектованої печі за даними заводу-виготовлювача визначається по формулі:

$$T = G_q \cdot K \quad (6.7)$$

де G_q – вага проектованої печі, кг;

K - питома нормативна трудомісткість на 1 кг чистої ваги виробу;

Приймаємо $K = 0,5 \text{ Н} / (\text{кг} \times \text{год})$. [1]

$$T_n = 5908 \cdot 0,5 = 2954 \text{ Н} / \text{год};$$

Підставляючи числові дані до формули (6.6) одержуємо:

$$Z_{\text{осн}} = 2954 \cdot 3 = 8862 \text{ грн};$$

Підставляючи числові дані до формули (6.6) одержуємо:

$$C_n = \left(18495,41 + 8862 \cdot \left(1 + \frac{275}{100} \right) + 8862 \cdot \frac{120}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{3}{100} \right) + 6589,46 = 70817,63 \text{ грн}.$$

6.2.11. Розрахунок ціни.

Розрахункову ціну модернізованої машини розраховують за формулою (4) [3], виходячи з його собівартості (C_H), нормативного прибутку (Π_H) і податку на додаткову вартість (H);

$$\Pi_H = C_H + \Pi_H + H$$

Нормативний прибуток розраховуємо за по формулою (5) [3]:

$$\Pi_H = C_H \cdot \frac{\eta}{100}$$

Де η - норматив рентабельності по собівартості, $\eta = 20\text{-}30\%$, приймаємо 25 %, згідно [3]:

$$\Pi_H = 70817,63 \cdot \frac{25}{100} = 17704,40 \text{ грн}$$

Податок на додаткову вартість розраховується за формулою (6) [3]:

$$H = (C_H + \Pi_H) \cdot \frac{\gamma}{100}$$

Де: $\gamma = 20\%$ - ставка податку на додаткову вартість.

$$H = (70817,63 + 17704,40) \cdot \frac{20}{100} = 17704,40 \text{ грн}.$$

Підставляючи числові дані до формули одержуємо:

$$\Pi_m = (70817,63 + 17704,40 + 17704,40) = 106226,43 \text{ грн}$$

$\Pi_B = 768333,36 \text{ грн.}$, за даними Балаклеїського заводу

$$C_H = 874559,79 \text{ грн.}$$

6.2.12. Витрати на збірково-монтажні роботи.

Витрати на збірково-монтажні роботи складають 10-14% від ціни, приймаємо 10.

$$Z_{\text{МОНТ.Н}} = C_H \cdot \frac{10}{100} = 874559,79 \cdot \frac{10}{100} = 87455,97 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{МОНТ.Б}} = C_B \cdot \frac{10}{100} = 768333,36 \cdot \frac{10}{100} = 76833,33 \text{ грн.}$$

6.2.13 Оцінка ефективності модернізації.

Оцінка ефективності модернізації оцінюється по формулі

$$\Xi = (Z_{\text{н.б.}} + E_n \cdot K_{\text{б.}}) \cdot \frac{Q_n}{Q_{\text{б.}}} - (Z_{\text{н.н.}} + E_n \cdot K_n)$$

де $Z_{\text{н.б.}}$ та $Z_{\text{н.н.}}$ - поточні витрати по базовому та новому обладнанню відповідно.

$Q_{\text{б.}}$, Q_n - базова і нова річна продуктивність.

$E_n = 0,15$ - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

$K_{\text{б.}}$, K_n - капітальні витрати по базовому та модернізованому обладнанню відповідно.

$$\Xi = (818940,56 + 0,15 \cdot 1311633,3) \cdot \frac{624150}{591300} - (870843,8 + 0,15 \cdot 1304235,2) = 5069,2 \text{ грн.}$$

Таким чином, проведений економічний розрахунок доводить економічну доцільність проведення модернізації.

Економічну частину дипломного проекту закінчуємо системними підсумками і порівнянням техніко-економічних показників проектованої та базової машин.

Порівняльні характеристики базової і модернізованої машини представимо у виді таблиці 6.10.

Таблиця 6.10

Характеристики базової і модернізованої машини

№	Показники	Одиниця виміру	Базова піч	Проектована піч
1	Річна продуктивність	<i>т</i>	591300	624150
2	Встановлена потужність	<i>кВт</i>	560	560
3	Капітальні вкладення	<i>грн.</i>	1669758,3	1406505
5	Чисельність обслуговуючого персоналу	<i>чол</i>	1	1
6	Термін служби упорних підшипників <i>роликів</i>	<i>років</i>	5	5,3
7	Поточні витрати при експлуатації машини	<i>грн.</i>	818940,56	870843,8
8	Повний економічний народногосподарський ефект	<i>грн.</i>		5069,2

6.3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

проектованої обертової печі 5×185 м

6.3.1.1 Повітря робочої зони

Робота оператора, який обслуговує обертову піч відноситься до категорії легких фізичних робіт з ГОСТ 12.1.005-88 з енерговитратами 630 кдж/ч.

Приміщення цеху відноситься до приміщень без збитків явного тепла до 84 кдж/м³ · год, тому що в процесі працюють агрегати, що розташовані на

Шкідливі речовини попадаючи в організм можуть визвати отруєння.

Ступінь отруєння залежить від токсичності речовини, її кількості, часу дії, шляху проникнення.

ГДК деяких шкідливих речовин в повітрі робочої зони: гас – 300мг/м³ фактична концентрація, клас небезпеки – 4 (ГДК більше 10,0 мг/м³ - малонебезпечні речовини), агрегатний стан - пари.

6.3.2. Виробничий шум

До джерел шуму на підприємстві, де встановлена обертова піч, належать:

- редуктора;
- електродвигуни привода;
- зубчасті передачі;
- опорні ролики;
- небезпека впливу, шум у підшипниках;
- вентилятори.

При експлуатації устаткування в робочий час рівень звуку складає 75дБ, а нормативне значення, згідно ДСН 3.3.6.037-99 складає 80дБ. Шум шкідливо відбивається на здоров'ї й працездатності людей, те прийняті наступні міри боротьби з ним:

- застосовуємо амортизатори.
- застосовуємо змащення всіх рухомих частин печі;
- застосовуємо балансування обертових частин печі.

При експлуатації устаткування в робочий час рівень звуку складає 75дБ, а нормативне значення, згідно ДСН 3.3.6.037-99 складає 80дБ.

В якості амортизаційного елементу використовуємо торсіон, який має енергоємність в 1,2, 1,5 рази більшу ніж у пружини.

Шум зменшиться на 5дБ.

6.3.3. Вібрація

До джерел вібрації у даному випадку належать електродвигуни й обертові частини печі. Посилення вібрації відбувається за рахунок неточності установки обертових частин; через нещільність з'єднання корпусів обертових частин до фундаменту. У даному випадку спостерігається загальна вібрація, що передається через опори на оператора. Робітник мало піддається вібрації, тому що він знаходиться далеко від опор печі. Він знаходиться в пульта керування, тому загальна вібрація не впливає конкретно на нього.

Рівень загальної вібрації печі не перевищує $10 \div 12$ дБ, що відповідає ДСН 3.3.6.039-99.

Для зниження вібрації прийняті наступні міри:

- застосовуємо масляні ванни;
- застосовуємо додаткові ребра жорсткості;
- так як спостерігається, в основному, вібрація низьких і середніх частот, то покриття корпусів редукторів приймаємо тверді, металеві на основі алюмінію й міді;
- віброгашення, що здійснюється за рахунок установки агрегатів на фундаменті.

Покриття особливо відповідальних частин дорівнює 0,005мм, не особливо відповідальних 0,1мм.

Сумарний час роботи в контактi з вiбрацiєю не перевищує 2/3 робочої зміни.

Тривалість одноразового безупинного впливу вiбрацій не перевищує 15-20 хв, а при такому режимі обiдня перерва не менш 40 хв.

6.3.4. Небезпека впливу, частин печі що рухаються й обертаються .кі обертаються є: корпус печі, вiнцева і пiдвiнцева шестірні, завзяті ролики, роликоопори, муфти. Ці механізми є небезпечними, тому що можливе нанесення механічних травм і можуть викликати людську смерть. З метою запобігання травм встановлені огороження.

Робітники забезпечені iндивідуальними засобами захисту:

- комбiнезонами групи М – для захисту від механічних пошкоджень;
- спеціальне взуття вiдповiдне до спецодягу;
- засоби захисту рук – рукавиці з бавовни;
- респіратори ШБ-1.

Для огороження використовуємо зварені з лозин у виді ґрат екрани.

Обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах.

Вiнцева шестірня закрита спеціальним кожухом.

Для аварійної зупинки печі передбачені аварійні пристрої, гiдроупори, вимикачі, а на пульті керування - аварійні кнопки.

6.3.5 Електробезпека

- 1) Згiдно з ПУЕ приміщення проектованого цеху належить до особливо небезпечного, тому що пiч, в основному, розташована на вiдкритому повітрі і пiддана атмосферним опадам. Крім того, через існуючий технологічного процесу, виділяються пари, газ, пил, що діють руйнуюче на струмоведучі частини й електроустаткування.
- 2) Напруга в електроустановках не перевищує 1000В. Ця напруга є небезпечною для життя людини

Застосовуємо дану мережу, тому що неможливо забезпечити гарну iзоляцію проводів через вологість і iнші фактори.

Основні причини враження електричним струмом наступні:

- поява напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, унаслідок помилкового включення установки;
 - виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу на землю;
 - поява напруги на металевих конструктивних частинах електроустановки - корпусах, кожухах і т.д. - у результаті ушкодження ізоляції й інших причин;
- випадковий чи дотик наближення на небезпечну відстань до

струмоведучих частин, що знаходиться під напругою.

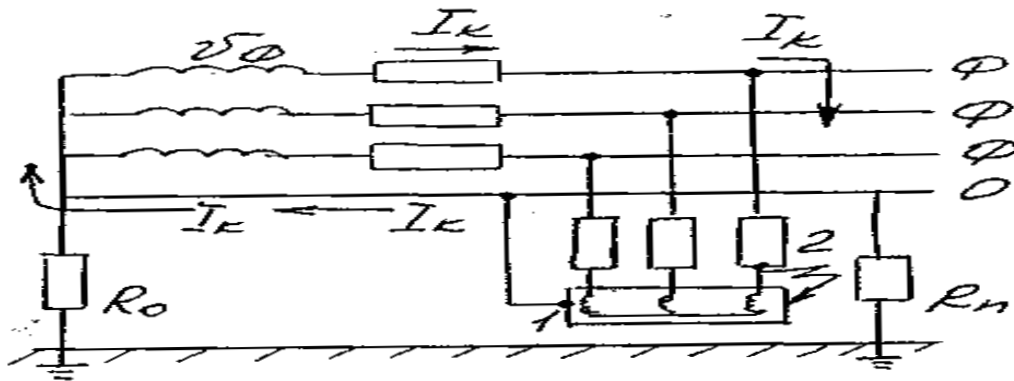
Для захисту від враження електричним струмом передбачене наступне:

- харчування ручного інструмента і переносних ламп напругою не вище 42В;
- електричний поділ мережі на окремі електричні, не зв'язані між собою ділянки за допомогою спеціальних трансформаторів;
- усунення небезпеки поразки з появою напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електроустановки, що досягається застосуванням малих напруг, вирівнюванням потенціалу, захисним зануленням;
- захисні засоби до 1000В - діелектричні рукавички, інструмент з ізольованими ручками, індикатори напруг і струмів;
- ізоляція струмоведучих частин електроустановки забезпечується подвійною ізоляцією;
- забезпечення неприступності частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику за допомогою ізоляції струмоведучих частин.

Захисне занулення

Задача занулення складається в усуненні небезпеки поразки людей струмом при замиканні на корпус.

Застосовується занулення у випадку використання трифазної чотирьохпроводної мережі напругою до 1000В з глухо-заземленою нейтраллю.



мал. 6.3.1. Схема захисного занулення.

1. корпус;
2. апарати для захисту від струмів КЗ;
3. R_0 - опір заземлення нейтралі джерела струму;
4. R_n - опір повторного заземлення нульового провідника.

Принцип дії занулення - перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання, тобто замикання між фазним і нульовим провідником з метою створення великого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і тим самим автоматично відключити ушкоджену установку від живильної мережі. Таким захистом є плавкі чи запобіжники автоматичні вимикачі, установлені перед споживачами енергії для захисту від струмів короткого замикання. При короткому замиканні струм дорівнює:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{(R_0 + R_{з.м.})} = \frac{220}{(0,4 + 0,2)} = 365,6 \text{ А},$$

(7.1)

де U_{ϕ} - фазна напруга, В;

R_0 - опір нульового проводу, Ом;

$R_{з.м.}$ - опір замикання фази на землю, Ом.

Напруга при короткому замиканні:

$$U_{к.з.} = I_{к.з.} \cdot R_0 = \frac{U_{\phi} \cdot R_0}{R_0 + R_{з.м.}} = 366,6 \cdot 0,4 = 146,6 \text{ В}$$

(7.2)

Кратність струму:

$$K = \frac{I_{к.з.}}{I_{пл.вст.}} = \frac{366,6}{100} = 3,6 \quad (7.3)$$

де $I_{к.з.}$ - струм короткого замикання, А;

$I_{пл.вст.}$ - мінім струм плавкої вставки, А.

Крім того, тому що занулені частини виявляються заземленими через нульовий захисний провідник, то в аварійний період, тобто з моменту виникнення замикання фази на землю і до автоматичного відключення ушкодженої установки від мережі, з'являється захисна властивість цього заземлення.

6.3.6 Пожежна безпека

1) Для виникнення горіння необхідна наявність горючої речовини. Полум'я в нашому випадку може бути і вибуховим бо в якості палива ми використовуємо газ. Також горіння може виникнути внаслідок порушення правил експлуатації електроустаткування.

2) Відповідно ОНТП 24-86 виробництво належить до категорії "В" пожежної небезпеки. По ступені вогнестійкості належить до 1 ступеня. Для будинків цього ступеня вогнестійкості необхідно, щоб межа вогнестійкості несучих стін, стін сходових кліток, колон була не меншою ніж 2,5ч, сходових площадок і косорівні менш 1ч, зовнішніх стін з навісних панелей, перегородок і покриттів не менш 0,5ч. Протипожежні двері, вікна і ворота в протипожежних стінах повинні мати межу вогнестійкості не менш 1,2 ч.

У відповідність з нормами 2.01.02-85 число евакуаційних виходів з будинків, приміщень не менш двох. Ширина ділянок шляхів евакуації 1м, а дверей на шляхах евакуації - 0,8 м. Ширина зовнішніх дверей сходових кліток дорівнює ширині маршу сходи.

Для гасіння пожеж передбачені ручні вуглекислотні вогнегасники ОУ-2 (4 шт.).

У приміщенні передбачена пожежна сигналізація - теплові пожежні сповіщувачі. Інформація з сповіщувачів надходить на загально-цехову станцію. Також передбачені протипожежні щити і шухляди з піском.

Згідно СН 305-74 приміщення обладнане блискавковідводами, що захищають від прямих ударів блискавки.

Згідно ПУЕ на цементному заводі споживачі електроенергії виробничого цеху відноситься до 1 категорії надійності електропостачання.

3) Пожежа при роботі печі може виникнути ще й по наступним причинах:

- ремонт устаткування на ходу;
- несправне устаткування (коротке замикання, перевантаження, великі перехідні опори);
- знос і корозія устаткування.

7. МОДЕРНІЗАЦІЯ

7.1 Побудова 3 D моделі опорного ролика за допомогою системи САТІА

Для перевірки працездатності розробленої модернізації млина мокрого самоподрібнення виконується побудова 3D моделі модернізованого млина для подальшого розрахунку.

Побудова 3D було виконано в програмному комплекті «САТІА» Кожний елемент 3D моделі млина було виконано у вигляді 2D ескізу та за допомогою

необхідних команд перетворено в 3d деталь. Після створення всіх деталей, їх було додано до файлу збірки, де вони були розміщені на своє положення та задані всі необхідні залежності для моделювання цілісної конструкції.

Послідовне виконання моделювання 3D моделі обертової печі самоподрібнення представлено на Ошибка: источник перекрестной ссылки не найден - Рис. 7.1:

Для кожної деталі окремо створюється файл, де спочатку створюється ескіз майбутньої деталі рис7.1.

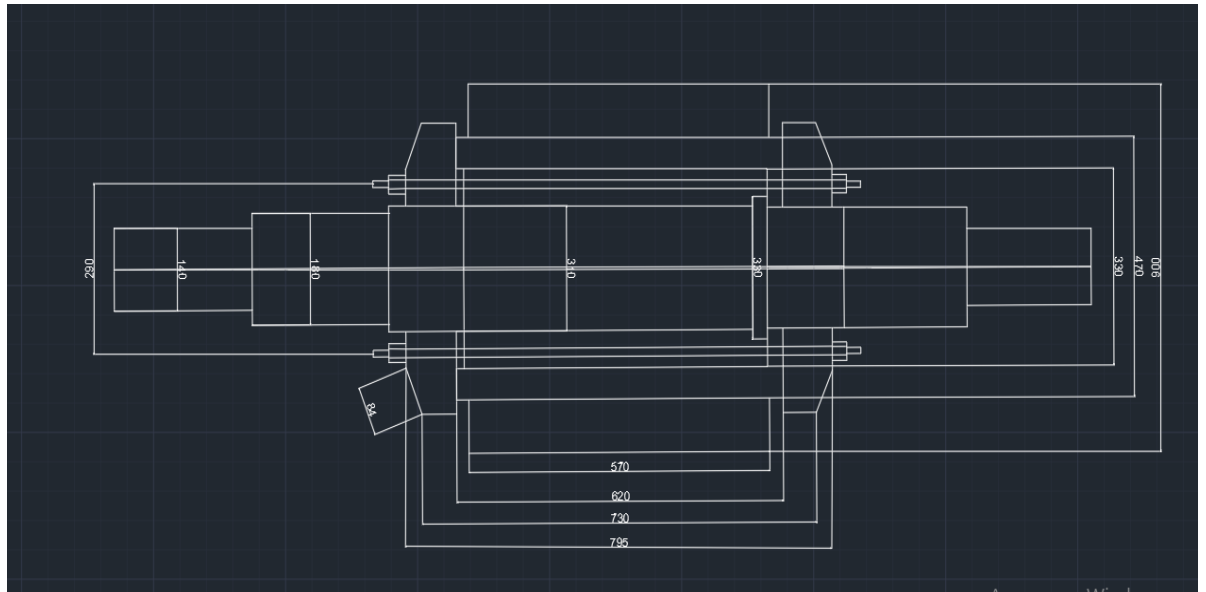


Рис. 7.1 Ескіз деталі

2. Виконуємо побудова моделі з обраного ескізу. Будуємо 3D модель вісь вала рис.7.2.

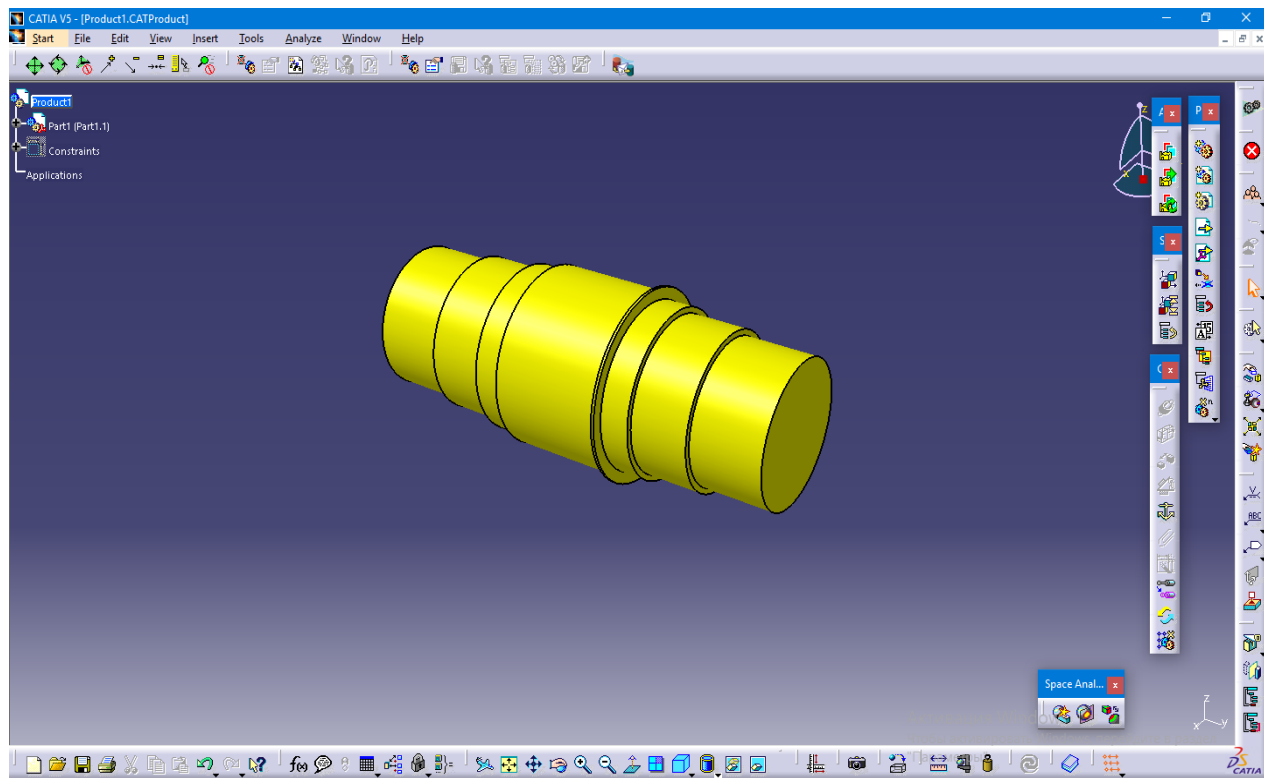


Рис. 7.2 Вісь вала

2. На вісь вала насаджуємо втулку рис. 7.3.

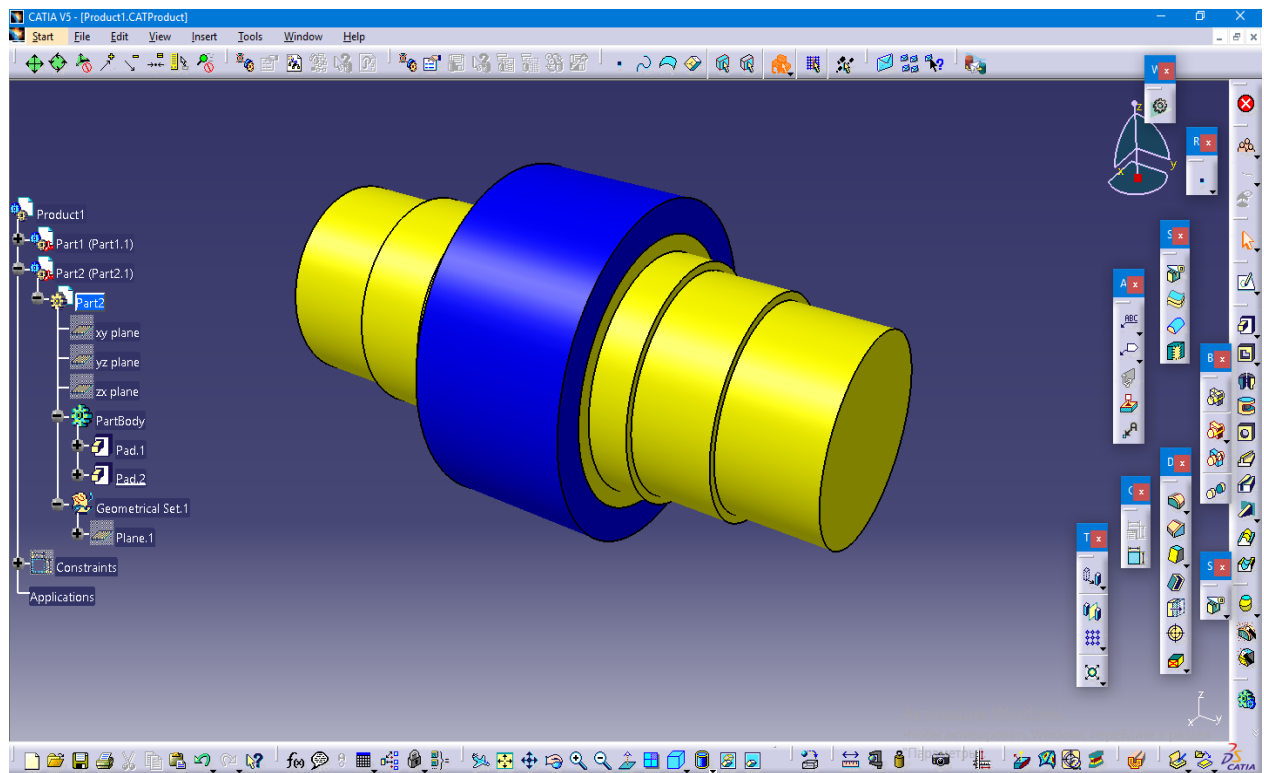


Рис. 7.3 Втулка насаджена на вал

3. Будуємо наскрізні отвори по втулці, а зверху над поверхністю будуємо у вигляді гумової втулки з завулканізувань по внутрішньому діаметру металевими втулками 7.4.

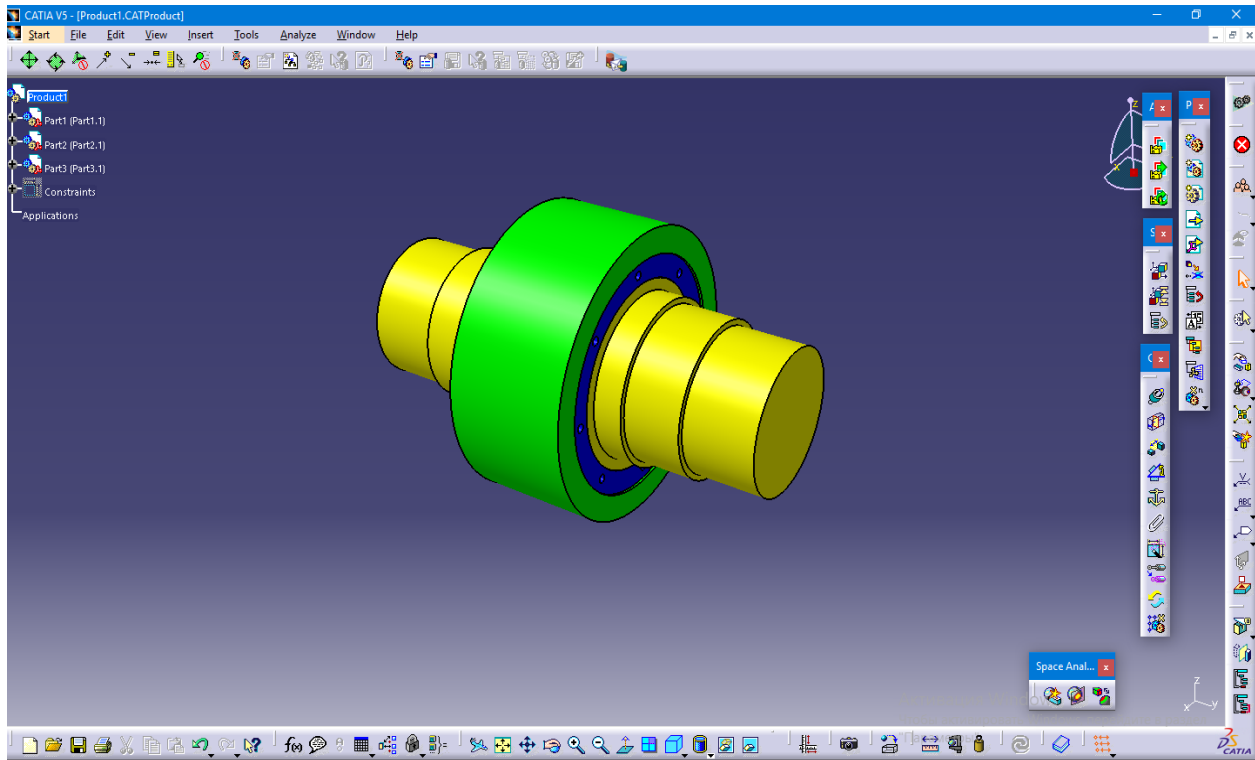


Рис. 7.4. Втулка с отверстиями

4. Будемо прижині пластини які прижимаю втулку с резиной рис.

7.5

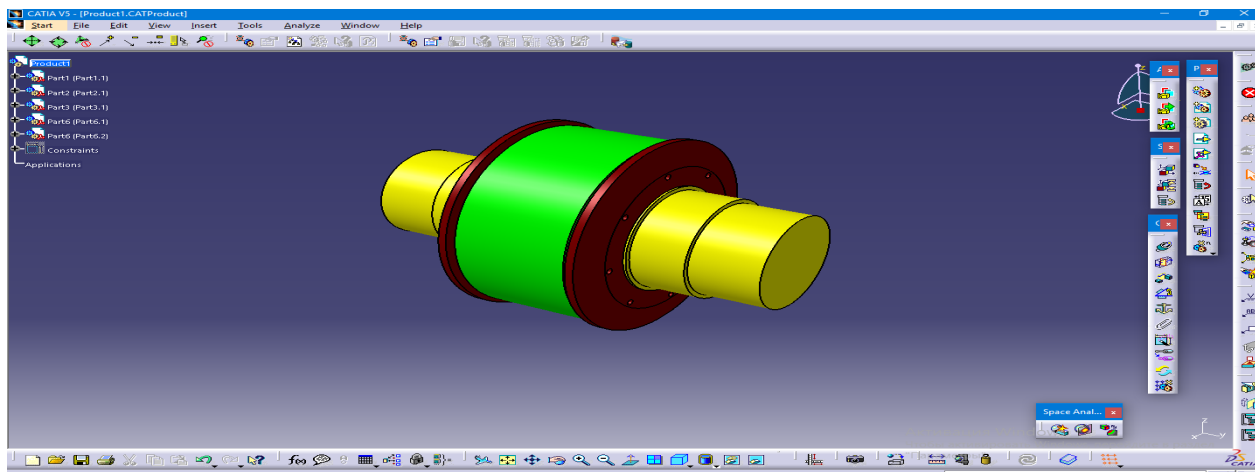


Рис. 7.5 Прижимні пластини

5. Будемо ролик який запресовуємо на гумову втулку Рис 7.6

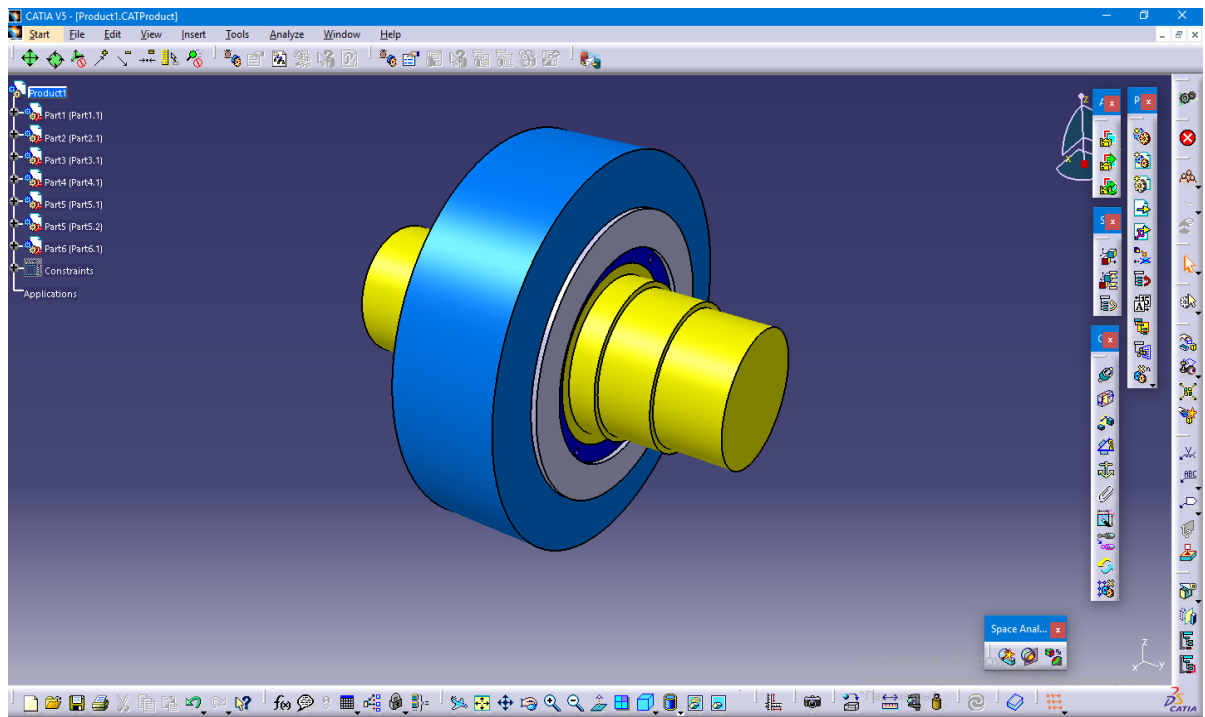


Рис. 7.6 Ролик

Для наглядності конструкції модернізованого млина мокрого самоподрібнення було виконано переріз в повздовжньому напрямку рис. 7.7

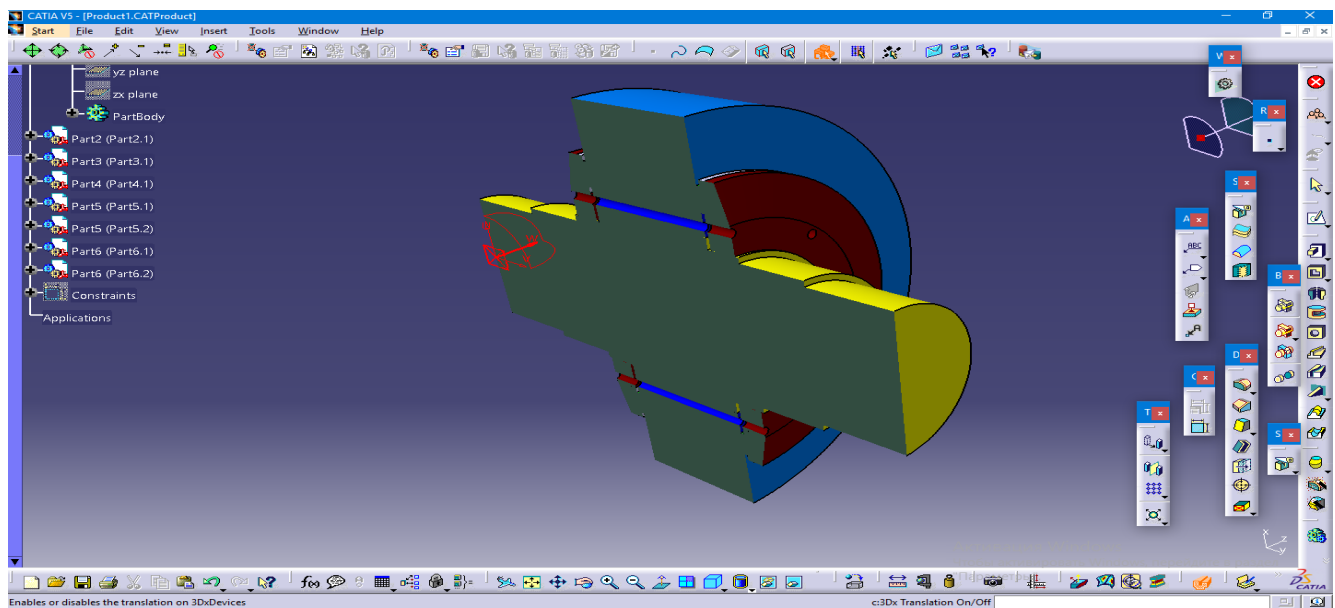


Рис.7.7 Повздовжний переріз ролика

Після побудови всіх елементів окремо було створено файл збірки, куди додаються всі побудовані моделі. В збірці деталі розміщуються згідно конструкції. Для цього їм надаються обмеження щодо положення відносно інших деталей збірки рис 7.8. :

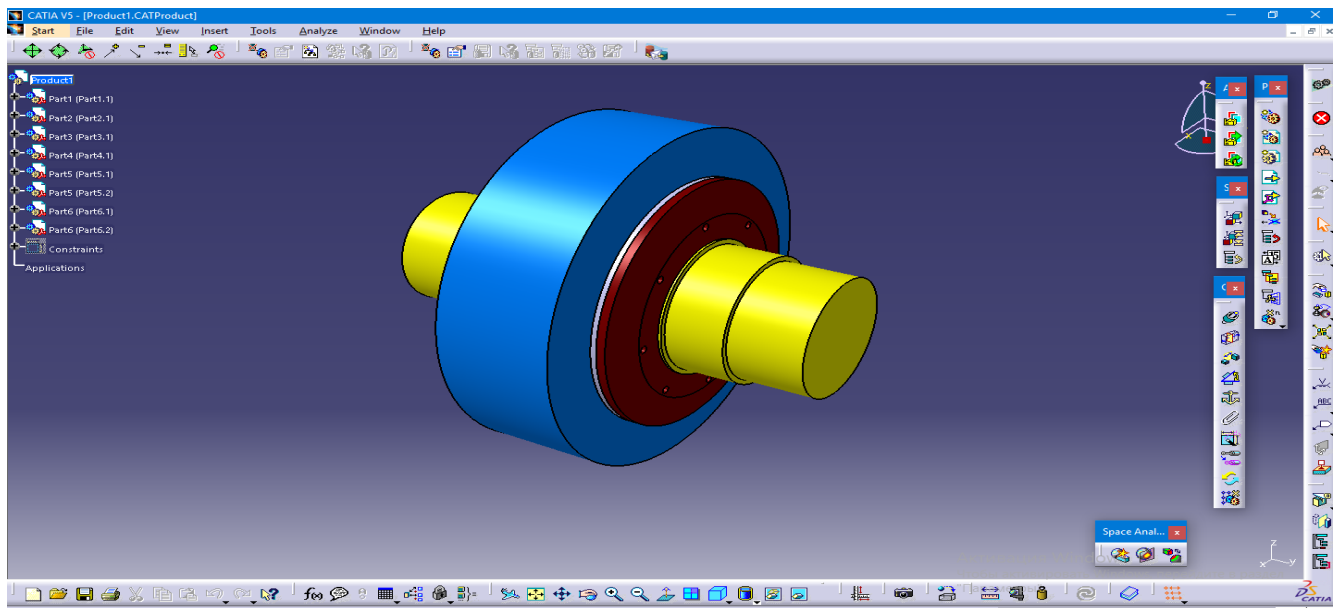


Рис. 7.8. Готова 3D модель опорного ролика

Виконану збірку млина зберігаємо у файл с розширенням « .stp» для подальшого зручного зберігання та імпорту геометрії 3д моделі до інших програм

7.2 Розрахунок 3D моделі модернізованого опорного ролика

Для перевірки та підтвердження працездатності модернізованого опорного ролика було виконано розрахунок конструкції опорного ролика методом скінченних елементів. Розрахунок поставленої задачі виконувався з використанням програмного комплексу ANSYS. Послідовність виконання наведено на Рис. 7.9– 7.12 :

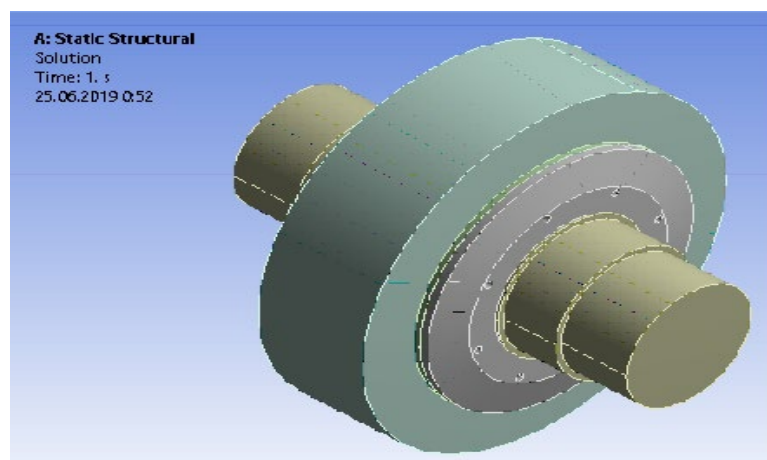


Рисунок 7.9 Імпортована 3D модель опорного ролика для розрахунку

Створюємо сітку скінченних елементів:

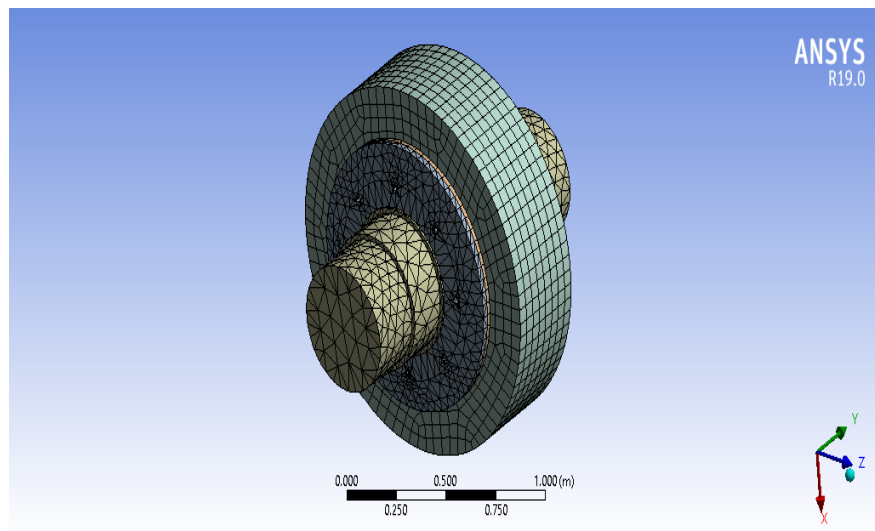


Рисунок 7.10. Згенерована сітка скінних елементів

Створюємо закріплення у вигляді двох опорних підшипників и додаткове консольне закріплення на кінці розвантажувальної ролика, створюємо гравітаційну силу що діє перпендикулярно до осі ролика :

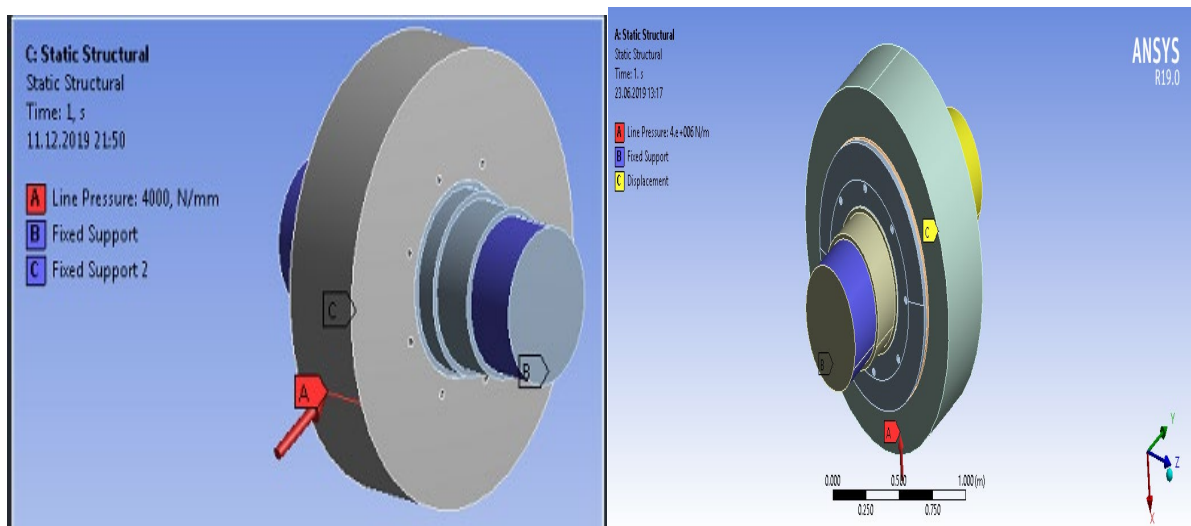


Рисунок 7.11. Створені закріплення і навантаження ролика

Результати розрахунку опорного ролика обертової печі від дії сили тяжіння, яка діє на на : опорний ролик

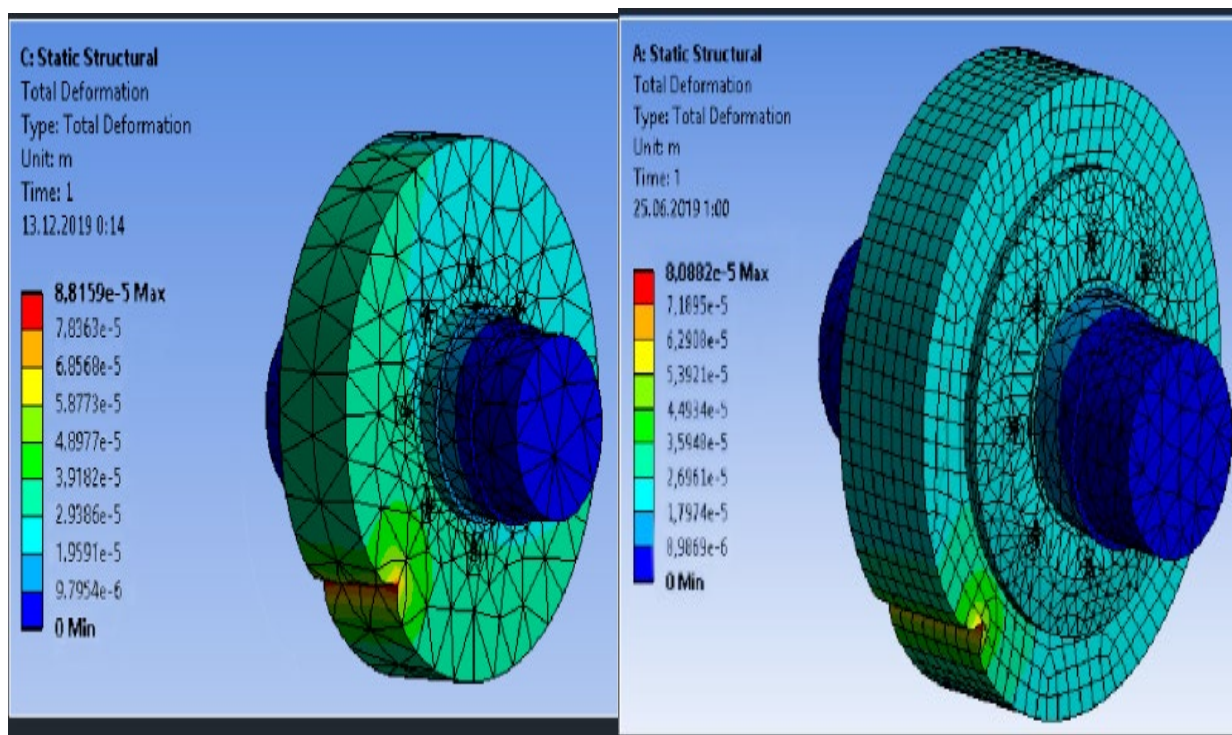


Рисунок 7.12. Деформація опорного ролика до і після модернізації під дією сили власної ваги

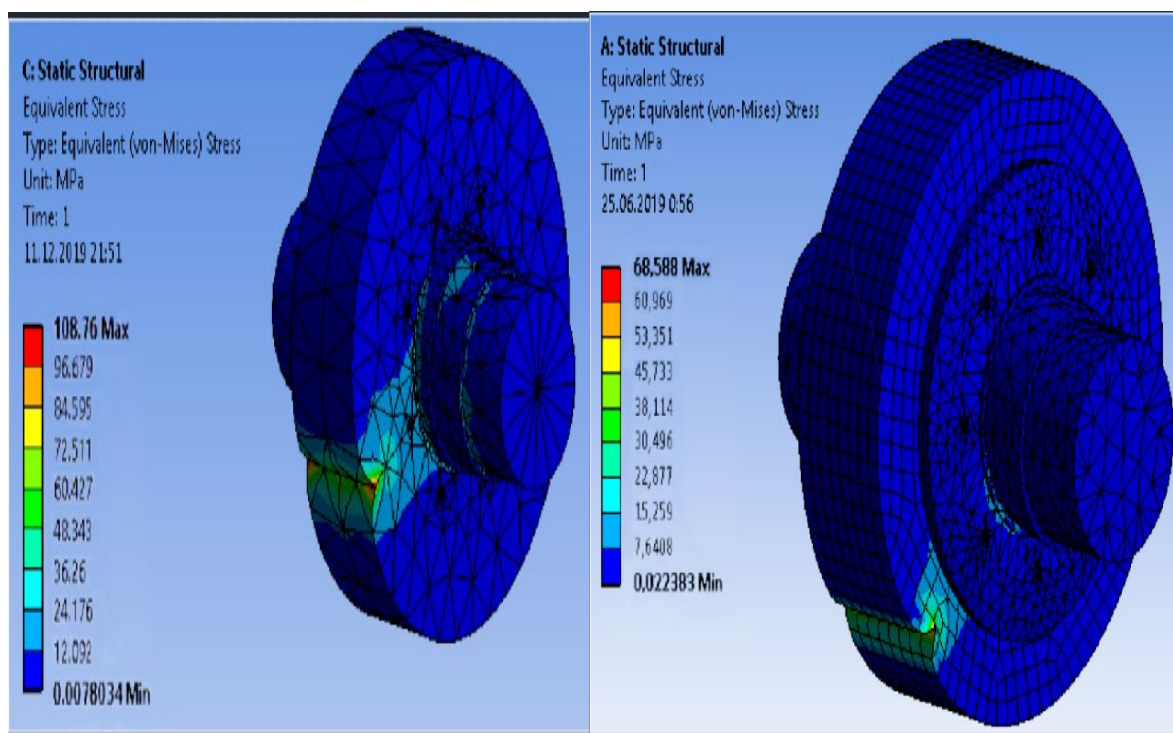


Рисунок 7.13. Розподіл приведених за мізесом напружень від дії сили власної ваги до і після модернізації.

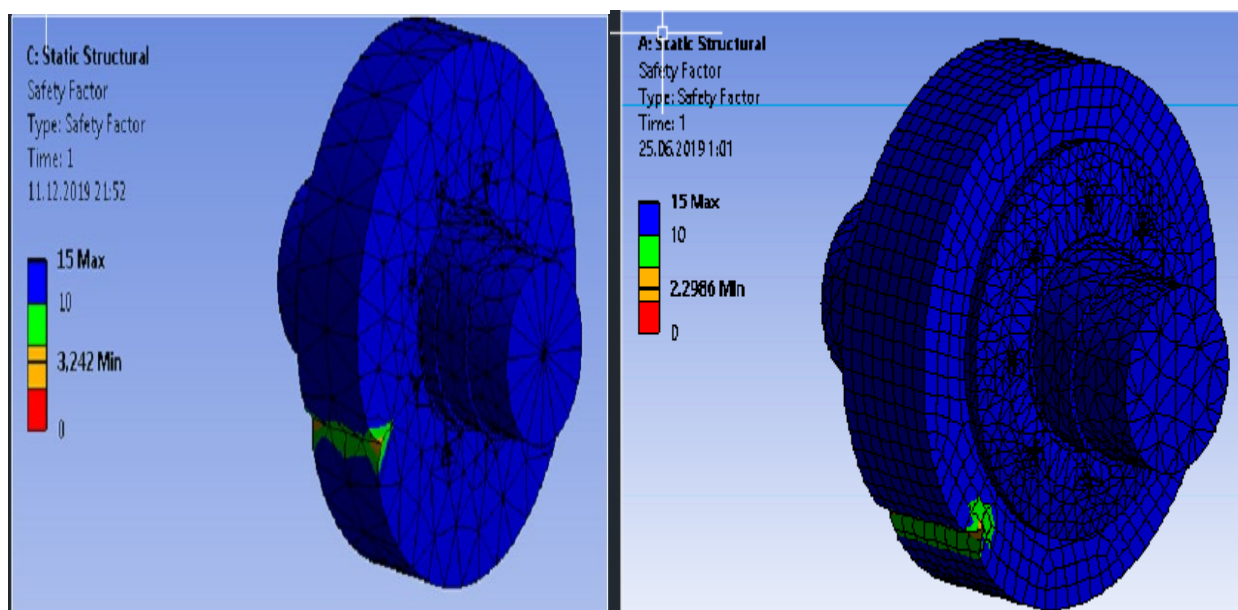


Рисунок 7.14. Коефіцієнт запас міцності деталі від дії сили власної ваги до і після модернізації.

ВИСНОВКИ

Розроблено було магістерську дисертацію на тему: обертова піч з модернізацією опорного ролика.

Магістерська робота складається з таких частин як пояснювальна записка та графічна робота. В даній роботі було вибрано патен у якому було запропоновано модернізацію опорного ролика. За результатом розрахунку в програмному комплексі ANSYS статичної постановки задачі ми отримали максимальне напруження в елементі яке становить 68 Мпа, що не перевищує границю міцності металу. Тому конструкцію можна вважати працездатною. Максимальна деформація конструкції при даних напруженнях становить $8,8 \cdot 10^{-5}$ м. Це дозволило збільшити час

експлуатації ролика. Тому конструкцію можна вважати працездатною. Також у роботі було виконано розділ охорона праці, у якому ми розглянули питання виробничий шум, вібрація, освітлення, повітряна зона роботи та проти пожежна небезпека.

Також було виконано розділ стартап проекту якому було знайдено потенційних груп клієнтів, конкуренція на ринку і тому конкурентоспроможність проекту є дуже актуальним. За темою даної магістерської роботи було зроблено тези.

У процесі роботи було зроблене розділ монтаж і експлуатація в якому ми описали збирання ролика, монтаж та експлуатацію даної печі.

Література

1. Е.І. Ходоров. “Печи цементной промышленности”, - Л: “Ленинград”, 1968 р. - 455 с.;
2. Ф.Г. Баніт, О.А. Несвітський. “Механическое оборудование цементных заводов”, - М: “Машиностроение”, 1967 р - 306 с.
3. М.І. Журавльов, А.А. Фоломєєв. “Механическое оборудование предприятий”, -М: “Высшая школа” 1983р - 230 с.
4. А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський М. “Проектирование систем автоматизации технологических процессов”: “Энергия”, 1980 м - 511с.
5. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г. Підвищення енергоефективності обертових теплових агрегатів / ВЧЕНІ ЗАПИСКИ ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО Серія: Технічні науки Том 29 (68), Ч.2, № 4, 2018, ст. 68-72. URL: http://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2018/4_2018/part_2/15.pdf
6. Щербина В.Ю., Дегодя Т. В., Новохатська Ю. М. Підвищення ресурсу роботи бандажів обертових печей // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. - 2016. - № 1. - С. 110-115. DOI: <https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2016.77978>
7. Комарский Б.Д.. “Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины”, - Л: “Машиностроение”, 1968 р - 880 с.
8. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., Ефименко Е.А., Дослідження напружено- деформованого стану обертового теплового агрегату // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. - 2018. - № 1. - С. 65-71. DOI: <https://doi.Org/10.20535/2306-1626.1.2018.143382>
9. Розенплентер А.Э., Т.В. Панішева. Методичні вказівки до економічної частини проекту, - ДО: “НТУУ” КПІ.
10. Юдіна Е.Я.. “Охрана труда в машиностроении”, - М: “Машиностроение”, 1983 р - 431 с.
11. Житецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В.. “Основы охраны праці” - Л: “Афіша” 2001р.-349 с.“

